COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-CINQUANTE-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1913.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1913

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison de la Fête nationale la séance du lundi 14 juillet est remise au mardi 15.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements en série procédant suivant les inverses de polynomes donnés*. Note de M. **Paul Appell**.

I. Des recherches récentes de MM. A. Guillet et M. Aubert (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 139, 204, 708, 820), sur l'attraction mutuelle de deux sphères électrisées ou d'une sphère et d'un plan, donnent des exemples intéressants de développements procédant suivant les inverses de certains polynomes analogues aux fonctions sphériques. Il se pose ainsi une question d'analyse sur laquelle je demande la permission d'attirer brièvement l'attention et qui présente quelque rapport avec la théorie des fractions continues.

II. Soient $P_0(x)$, $P_1(x)$, ..., $P_n(x)$, ... des polynomes donnés, de

degrés marqués par l'indice, dans chacun desquels le coefficient de la plus haute puissance de x est égal à l'unité. Supposons que, x désignant une variable complexe, les racines du polynome $P_n(x)$ soient, quel que soit n, dans l'intérieur d'un cercle fixe de centre O et de rayon R. Soit d'autre part $f(x)$ une fonction d'une variable complexe x, régulière à l'extérieur du cercle $|x| = R$, c'est-à-dire développable, en dehors de ce cercle, en une série de la forme

$$f(x) = c_0 + \frac{c_1}{x} + \frac{c_2}{x^2} + \ldots + \frac{c_n}{x^n} + \ldots$$

Le problème est de développer $f(x)$ sous la forme suivante :

$$(1) \qquad f(x) = A_0 + \frac{A_1}{P_1(x)} + \frac{A_2}{P_2(x)} + \ldots + \frac{A_n}{P_n(x)} + \ldots,$$

les A_n étant des coefficients indépendants de x. En se plaçant à un point de vue formel, on peut calculer ces coefficients par le procédé suivant :

La fonction $\frac{1}{P_n(x)}$ est, à l'extérieur du cercle $|x| = R$, développable en série de la forme

$$\frac{1}{P_n(x)} = \frac{a_{n,n}}{x^n} + \frac{a_{n,n+1}}{x^{n+1}} + \ldots + \frac{a_{n,n+p}}{x^{n+p}} + \ldots,$$

avec $a_{n,n} = 1$. En admettant que le développement (1) soit possible, à l'extérieur d'un cercle de rayon $R' \geqq R$, la différence

$$(2) \qquad \Delta_n = f(x) - A_0 - \frac{A_1}{P_1(x)} - \ldots - \frac{A_n}{P_n(x)},$$

est telle que $\lim x^n f(x) = 0$ pour $x = \infty$; le développement de Δ_n en série commence donc par le terme en $\frac{1}{x^{n+1}}$, ce que nous écrirons, suivant une notation habituelle dans la théorie des fractions continues,

$$(3) \qquad \Delta_n = \left(\frac{1}{x^{n+1}}\right).$$

Mais alors cette condition donne immédiatement les équations suivantes :

$$(4) \qquad \begin{cases} A_0 = c_0, \qquad A_1 = c_1, \\ A_1 a_{1,2} + A_2 = c_2, \\ A_1 a_{1,3} + A_2 a_{2,3} + A_3 = c_3, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_1 a_{1,n} + A_2 a_{2,n} + \ldots + A_{n-1} a_{n-1,n} + A_n = c_n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

qui déterminent de proche en proche les coefficients A_n.

On peut, par la méthode des fonctions majorantes, étudier la convergence de la série ainsi formée, dans des cas étendus. Il suffit pour cela de comparer le développement obtenu au développement particulier du paragraphe IV.

III. Pour pouvoir appliquer la formule de Cauchy, cherchons le développement de

$$\frac{1}{x-y} = \frac{1}{x} + \frac{y}{x^2} + \ldots + \frac{y^{n-1}}{x^n} + \ldots,$$
$$|x| > R, \qquad |y| < R.$$

On voit immédiatement par les relations (4) que A_n est un polynome $Q_{n-1}(y)$, en y, de degré $(n-1)$, dans lequel le coefficient de y^{n-1} est égal à l'unité; on a ainsi le développement formel

$$\frac{1}{x-y} = \sum \frac{Q_{n-1}(y)}{P_n(x)},$$

ce qui amène à associer aux polynomes $P_1, P_2, \ldots, P_n, \ldots$ d'autres polynomes déterminés $Q_0, Q_1, \ldots, Q_{n-1}, \ldots$.

IV. Par exemple, si l'on prend $P_n(x) = (x-\alpha)^n$ on a

$$Q_{n-1}(y) = (y-\alpha)^{n-1}.$$

Dans ce cas $Q_n(y) = P_n(y)$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Équations de l'équilibre dynamique de la couche superficielle séparant un liquide d'un autre fluide.* Note de M. J. **Boussinesq**.

I. Le problème de la chute lente, régularisée, d'une goutte liquide, au milieu d'une masse fluide de poids spécifique moindre (1), a prouvé qu'il était nécessaire d'introduire, dans la théorie de la tension superficielle d'un liquide en train de se déformer, certains termes de viscosité, rendant les deux tensions principales $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ de la mince *couche de transition* d'un tel liquide, à sa surface ou libre, ou séparative d'avec un autre fluide, fonctions linéaires des deux vitesses principales *actuelles* ∂, ∂' de dilatation de la couche parallèlement à son plan tangent. Or il suffisait à cet égard, dans le

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 14 avril 1913, p. 1124.

problème de la goutte, d'évaluer pour une couche superficielle *sphérique* les différences qu'entraînent alors, en chacun de ses points, les tensions $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$, entre les composantes soit normales, soit tangentielles, des pressions s'exerçant sur les deux faces extérieure et intérieure de la couche : et c'est ce que j'avais déjà fait dans une Note du 7 avril (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1035). Mais d'autres problèmes tout aussi intéressants amènent à considérer des formes moins particulières de la couche superficielle ou de transition, notamment des formes de révolution quelconques. Telle est la question des nappes liquides *rétractiles* que produisait Savart en faisant tomber, au centre d'un petit plateau circulaire horizontal, la veine liquide descendante issue, sous une assez faible hauteur de charge, d'un orifice circulaire horizontal. La veine s'étalait autour du plateau en une mince nappe de révolution, sensiblement horizontale au départ (c'est-à-dire sur le contour du plateau), mais se courbant graduellement vers le bas par l'effet de son poids, et que sa tension superficielle faisait se refermer inférieurement sur l'axe.

Je me propose ici de chercher ces différences entre les pressions extérieure et intérieure, pour une forme quelconque de la couche, mais toutefois dans la supposition que les deux tensions principales $\mathcal{F}$ et $\mathcal{F}'$ soient partout dirigées suivant ses deux familles de lignes de courbure : ce qui comprend le cas général d'une surface de révolution, où la symétrie du phénomène assigne à ∂ et ∂', $\mathcal{F}$ et $\mathcal{F}'$, les directions des méridiens et des cercles parallèles. Le cas étudié comprend aussi, pour une forme quelconque de la couche superficielle, celui d'*isotropie*, où ∂ et ∂', $\mathcal{F}$ et $\mathcal{F}'$ seraient respectivement égaux partout, quoique variables d'un point à l'autre, et, enfin, le cas où, quelles que soient les vitesses de déformation ∂ et ∂', l'on convient de négliger les *forces de viscosité*, c'est-à-dire de réduire $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ à leur partie élastique f, qui est la *tension* familière aux physiciens.

II. Soit donc, à partir d'un point quelconque M de la couche superficielle, un élément rectangulaire *légèrement courbe* $MM_1\mu_1\mu$, compris entre l'élément $MM_1 = ds$ d'une des deux lignes de courbure se croisant en M, de la famille dont nous appellerons λ' le paramètre caractéristique ou la coordonnée curviligne constante, un élément $M\mu = ds'$ de la seconde ligne de courbure, appartenant à l'autre famille, dont nous appellerons λ le paramètre ou la coordonnée (sur la surface) constante aussi, enfin deux éléments analogues $\mu\mu_1$, $M_1\mu_1$ des lignes de courbure voisines, à para-

mètres respectifs $\lambda' + d\lambda'$, $\lambda + d\lambda$. Et cherchons les composantes totales, tant suivant la normale MN à la couche (menée vers l'intérieur du liquide spécialement considéré) que suivant les deux tangentes MT, MT' à ds et à ds', des tensions superficielles exercées, partout tangentiellement au rectangle courbe $ds\,ds'$, mais perpendiculairement à son contour, sur les quatre côtés du rectangle.

Les deux rapports $\frac{ds}{d\lambda}$, $\frac{ds'}{d\lambda'}$, dérivées respectives de l'arc des deux courbes $\lambda' = \text{const.}$, $\lambda = \text{const.}$ par rapport à celui des deux paramètres qui varie suivant sa longueur, seront évidemment deux fonctions déterminées de λ, λ'. Et l'on pourra en dire autant : 1° des deux rayons de courbure principaux R, R' de la couche en M, dont l'un, par exemple

$$R = M_1 C,$$

pourra être censé construit, jusqu'au centre correspondant C de courbure (sur MN), dans la section plane normale NMM_1A, perpendiculairement (en M_1) à la droite M_1A d'intersection de cette section plane par le plan tangent en M_1, lequel comprend aussi la tangente en M_1, M_1T_1, à la ligne MM_1 de courbure; 2° des deux rayons de courbure *géodésiques*, ε et ε', des deux lignes de courbure en M, rayons qui y seront ceux de courbure des projections de ces deux lignes sur le plan tangent TMT'. On pourra supposer données ces six fonctions de λ et λ', dont les deux, par exemple, appelées R et ε, feront connaître les angles de contingence $\frac{ds}{R}$ et $\frac{ds}{\varepsilon}$ de l'arc ds, considéré successivement comme appartenant à la section plane normale et à la projection de la ligne de courbure sur le plan TMT', ou donneront aussi les deux angles $\frac{\pi}{2} - \frac{ds}{R}$ et $\frac{ds}{\varepsilon}$ que font, d'une part, la tangente M_1A à la section plane avec la normale MCN à la surface ou avec sa parallèle M_1C_1 menée par M_1; d'autre part, avec MT, la tangente voisine M_1T_1 (à la ligne de courbure), vue en projection sur le plan TMT' tangent en M.

III. Cela posé, considérons d'abord les deux côtés $M\mu$, $M_1\mu_1$ du rectangle. La tension sur le côté $M\mu$ est, d'un bout à l'autre, par unité de sa longueur ds', $\mathcal{F}$ en grandeur et à l'opposé de MT en direction, avec écarts relatifs de l'ordre de la distance à M : ce qui donne, comme composante totale de la tension *suivant un axe quelconque*, la projection, sur cet axe, d'une longueur $\mathcal{F}ds'$ tirée en sens inverse de MT, sauf erreurs de l'ordre

de ds'^2 ou de $d\lambda'^2$. Sur le côté $M_1\mu_1$, où λ a crû de $d\lambda$, la tension, au lieu d'être $\mathfrak{F}\frac{ds'}{d\lambda'}d\lambda'$, sera évidemment

$$\left[\mathfrak{F}\frac{ds'}{d\lambda'}+d\lambda\frac{d}{d\lambda}\left(\mathfrak{F}\frac{ds'}{d\lambda'}\right)\right]d\lambda'$$

et aura de même, comme projection sur le même axe quelconque, celle d'une ligne de cette longueur, qui serait tirée suivant la droite M_1T_1 analogue à MT, mais relative au point M_1. Quant à l'erreur due à cette évaluation, elle égalera pareillement, en projection sur un axe quelconque, l'erreur précédente, accrue de sa différentielle en λ et changée de signe; en sorte que son excédent sur cette erreur précédente sera de l'ordre de $d\lambda'^2 d\lambda$, ou de $ds'^2 ds$, et, rapportée à l'unité d'aire du rectangle $ds\,ds'$, restera évanouissante comme ds', c'est-à-dire négligeable.

Il suffit donc d'évaluer les trois projections sur MN, MT et MT′ :

1° D'abord, de la première tension, qui donne ainsi $0,\ -\mathfrak{F}ds',\ 0$;

2° De la deuxième

$$\mathfrak{F}ds'+\frac{d.\mathfrak{F}\frac{ds'}{d\lambda'}}{d\lambda}d\lambda\,d\lambda', \tag{1}$$

comptée le long de M_1T_1. Nous avons ainsi, pour projeter cette force sur MN, MT, MT′, à évaluer les trois cosinus des angles de M_1T_1 avec MCN (ou avec sa parallèle M_1C_1 dans la section plane), avec MT et avec MT′. Quant au premier, $\cos T_1M_1C_1$, observons que l'angle infiniment petit AM_1T_1 des deux tangentes M_1A, M_1T_1, a son plan sensiblement normal à la section plane C_1MM_1A et se projette sur cette section, infiniment réduit, ou suivant un angle négligeable du second ordre; en sorte que le dièdre d'arête M_1A, dans le trièdre $T_1M_1AC_1$, peut être censé droit. Et, par suite, le cosinus cherché de sa face hypoténuse $T_1M_1C_1$ est le produit des deux cosinus de AM_1T_1, AM_1C_1, qui ont les valeurs 1, $\frac{ds}{R}$. Donc, le premier cosinus cherché égale $\frac{ds}{R}$ et, multiplié par (1), donnera, suivant MN, la composante $\frac{\mathfrak{F}ds'ds}{R}$.

Le second cosinus, celui de l'angle des deux directions voisines MT, M_1T_1, vaut l'unité, et la composante correspondante sera l'expression (1) elle-même.

Pour avoir enfin le cosinus de l'angle de M_1T_1 avec MT′, menons par M une parallèle à M_1T_1 et projetons-la sur le plan TMT′, où sa projection

fera l'angle $\frac{\pi}{2} - \frac{ds}{\tau}$ avec MT' et sera l'arête de l'angle droit d'un trièdre rectangle ayant comme face hypoténuse l'angle dont le cosinus est à évaluer et, comme autres faces, d'une part, l'angle infiniment petit de la parallèle projetée avec sa projection, d'autre part, l'angle $\frac{\pi}{2} - \frac{ds}{\tau}$ de celle-ci avec MT'. Le troisième cosinus cherché est donc $\frac{ds}{\tau}$; ce qui donne, pour la composante de (1) suivant MT', $\frac{\mathcal{F}\, ds'\, ds}{\tau}$.

Il viendra donc comme composantes totales, suivant MN, MT et MT', des tensions exercées sur les deux côtés $M\mu$, $M_1\mu_1$ du rectangle curviligne,

$$(2)\qquad \frac{\mathcal{F}}{R}\, ds\, ds', \qquad \frac{d.\mathcal{F}\dfrac{ds'}{d\lambda'}}{d\lambda}\, d\lambda\, d\lambda', \qquad \frac{\mathcal{F}}{\tau}\, ds\, ds'.$$

Ajoutons-y les termes analogues que donneraient les deux autres côtés MM_1, $\mu\mu_1$; puis rapportons les sommes obtenues à l'unité d'aire du rectangle, en les divisant par $ds\, ds'$, et nous aurons, *comme composantes totales* (*suivant la normale* MN *et les deux tangentes principales* MT, MT') *des tensions sur le contour*,

$$(3)\qquad \frac{\mathcal{F}}{R} + \frac{\mathcal{F}'}{R'}, \qquad \frac{d.\mathcal{F}\dfrac{ds'}{d\lambda'}}{d\lambda}\frac{d\lambda}{ds}\frac{d\lambda'}{ds'} + \frac{\mathcal{F}'}{\tau'}, \qquad \frac{d.\mathcal{F}'\dfrac{ds}{d\lambda}}{d\lambda'}\frac{d\lambda}{ds}\frac{d\lambda'}{ds'} + \frac{\mathcal{F}}{\tau}.$$

IV. Ici se montre une simplification importante. Grâce à l'emploi de nombreux cosinus réduits à l'unité, les projections sur MT et MT' se sont faites comme si les tensions $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ avaient été appliquées non pas au contour du rectangle curviligne, mais à la projection de ce contour sur le plan TMT' et s'étaient exercées partout dans ce plan, normalement au nouveau contour ainsi obtenu. Or, supposons qu'on les eût effectuées dans l'hypothèse $\mathcal{F} = \mathcal{F}' = 1$. On aurait eu alors une tension normale constante, s'exerçant du dehors sur tout un contour plan *fermé* et dans son plan TMT', à projeter sur les deux droites MT et MT' de ce plan : opération qu'on sait donner le résultat zéro.

Les suppositions $\mathcal{F} = 1$, $\mathcal{F}' = 1$ annulent donc les deux dernières expressions (3) et l'on a

$$(4)\qquad \frac{d\lambda}{ds}\frac{d\lambda'}{ds'}\frac{d}{d\lambda}\left(\frac{ds'}{d\lambda'}\right) = -\frac{1}{\tau'}, \qquad \frac{d\lambda}{ds}\frac{d\lambda'}{ds'}\frac{d}{d\lambda'}\left(\frac{ds}{d\lambda}\right) = -\frac{1}{\tau}.$$

Par suite, les expressions générales (3) deviennent

$$(5) \qquad \frac{\mathcal{F}}{R}+\frac{\mathcal{F}'}{R'}, \qquad \frac{d\mathcal{F}}{d\lambda}\frac{d\lambda}{ds}+\frac{\mathcal{F}'-\mathcal{F}}{\iota'}, \qquad \frac{d\mathcal{F}'}{d\lambda'}\frac{d\lambda'}{ds'}+\frac{\mathcal{F}-\mathcal{F}'}{\iota}.$$

Or, la masse de la couche superficielle étant insensible, ces trois tensions sur le contour donnent respectivement sommes nulles avec les composantes $\mathcal{N}$, $\mathcal{T}$, $\mathcal{T}'$ (encore suivant MN, MT et MT′) de la pression exercée sur la face externe de la couche, accrues des composantes analogues $-\mathcal{N}_1$, $-\mathcal{T}_1$, $-\mathcal{T}'_1$ exercées sur la face interne, égales et contraires à celles de la pression de cette face sur le liquide intérieur. Les trois conditions cherchées de *l'équilibre dynamique* de la couche seront donc

$$(6) \qquad \begin{cases} \mathcal{N}-\mathcal{N}_1=-\left(\dfrac{\mathcal{F}}{R}+\dfrac{\mathcal{F}'}{R'}\right), \\ \mathcal{T}-\mathcal{T}_1=-\dfrac{d\mathcal{F}}{d\lambda}\dfrac{d\lambda}{ds}+\dfrac{\mathcal{F}-\mathcal{F}'}{\iota'}, \\ \mathcal{T}'-\mathcal{T}'_1=-\dfrac{d\mathcal{F}'}{d\lambda'}\dfrac{d\lambda'}{ds'}+\dfrac{\mathcal{F}'-\mathcal{F}}{\iota}. \end{cases}$$

V. Examinons le cas intéressant où, tenant compte de la viscosité superficielle par les formules (2) de ma Note du 31 mars (*Comptes rendus*, t. 156, p. 983),

$$(7) \qquad (\mathcal{F}, \mathcal{F}')=f+e_1(\partial+\partial')+2e(\partial, \partial'),$$

on suppose, comme il arrivait dans ma Note suivante (p. 1035),

$$\partial'=\partial$$

et, par suite,

$$\mathcal{F}'=\mathcal{F}=f+2(e+e_1)\partial=f+\epsilon\partial.$$

Bref, admettons partout *l'isotropie* de la couche superficielle. Les équations (6) deviennent donc alors

$$(8) \qquad \begin{cases} \mathcal{N}-\mathcal{N}_1=-(f+\epsilon\partial)\left(\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{R'}\right), \\ \mathcal{T}-\mathcal{T}_1=-\dfrac{d\mathcal{F}}{ds}=-\epsilon\dfrac{d\partial}{ds}, \\ \mathcal{T}'-\mathcal{T}'_1=-\epsilon\dfrac{d\partial}{ds'}. \end{cases}$$

Une telle isotropie se produit, notamment, pour toute forme de la surface, soit à l'état statique, où $\partial=0$ et $\partial'=0$, soit, quelques valeurs qu'aient ∂ et ∂', quand on annule les coefficients e et e_1, c'est-à-dire quand on attribue la fluidité parfaite au liquide considéré ainsi qu'au fluide contigu, cas où $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ se réduisent à leur partie élastique constante f. Alors

les deux dernières formules (8), où l'on fait nul le coefficient ϵ ainsi que les composantes tangentielles de pression, deviennent l'identité $0 = 0$, comme l'impliquait bien l'hypothèse de fluidité parfaite; et $\mathcal{N}$, $\mathcal{N}_1$ étant les deux pressions respectives p, p_1 du fluide extérieur et du liquide considéré, il ne reste plus que l'équation usuelle de la théorie statique de la capillarité,

$$p_1 - p = f\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right).$$

VI. Passons au cas d'une surface de révolution. Nous choisirons comme axe des x l'axe même de révolution; et nous prendrons, d'une part, pour paramètre λ caractéristique des (cercles) *parallèles*, l'angle de la normale MN avec cet axe des x, d'autre part, pour paramètre λ' caractéristique des méridiens, l'angle du plan contenant le méridien considéré avec un plan méridien origine. Alors, en appelant r le rayon du cercle parallèle passant par M, rayon qui est, pour chaque forme de la surface, une fonction donnée de x ou de λ, on a visiblement

$$(9) \qquad ds = R\,d\lambda, \qquad ds' = r\,d\lambda', \qquad R' = \frac{r}{\sin\lambda};$$

et les deux équations (4), où les dérivées R, r de s et de s' en λ et λ' sont indépendantes de λ', donnent d'ailleurs

$$(10) \qquad \frac{1}{\iota'} = -\frac{1}{Rr}\frac{dr}{d\lambda}, \qquad \frac{1}{\iota} = 0.$$

Enfin, vu aussi que $\mathfrak{F}$ et $\mathfrak{F}'$ seront indépendants de λ' mais $\mathfrak{T}'$, $\mathfrak{T}'_1$ nuls (par raison de symétrie mécanique de part et d'autre du plan méridien), les formules (6) se réduiront aux deux suivantes :

$$(11) \qquad \mathcal{N} - \mathcal{N}_1 = -\left(\frac{\mathfrak{F}}{R} + \frac{\mathfrak{F}'\sin\lambda}{r}\right), \qquad \mathfrak{T} - \mathfrak{T}_1 = -\frac{1}{R}\left(\frac{d\mathfrak{F}}{d\lambda} + \frac{\mathfrak{F} - \mathfrak{F}'}{r}\frac{dr}{d\lambda}\right).$$

Elles comprennent bien celles que j'ai données pour une couche sphérique dans ma Note du 7 avril [formules (6)], à cela près qu'ici les $\mathcal{N}$, $\mathcal{N}_1$ sont comptés positifs vers l'intérieur du liquide et non vers le dehors comme dans cette Note.

Quand la surface a une figure permanente et que le liquide possède sur celle-ci, le long des méridiens, une vitesse G de glissement fonction de λ, la méthode employée au n° III de la même Note donne immédiatement pour toute forme de ces méridiens, comme vitesses principales ∂, ∂' de dilatation à porter dans (7),

$$(12) \qquad \partial = \frac{1}{R}\frac{dG}{d\lambda}, \qquad \partial' = \frac{G}{r}\cos\lambda.$$

MINÉRALOGIE. — *Sur les roches rhyolitiques et dacitiques de Madagascar et en particulier sur celles de la région Sakalave.* Note de M. A. LACROIX.

La vaste région sédimentaire constituant la partie de Madagascar comprise entre le massif cristallin et le canal de Mozambique est, par places, recouverte par d'immenses champs de roches volcaniques, en partie au moins d'âge crétacé, alors qu'ailleurs les sédiments sont seulement traversés par des dykes éruptifs.

Je n'ai personnellement visité qu'une infime portion de cette région, mais, depuis 15 ans, j'ai réuni une quantité considérable de documents sur ses laves grâce à l'activité de nombreux explorateurs : MM. Prince, E. Gautier, Mouneyres et Baron, Bonnefond, Geay et surtout Perrier de la Bathie (¹). Mes diagnoses de certaines de ces roches ont été insérées par M. E. Gautier dans ses publications géographiques de 1900 à 1902.

La plus grande partie des laves émises par les volcans Sakalaves est de nature basaltique; en général assez peu variées au point de vue chimique et minéralogique, elles présentent toutes les structures possibles depuis celle de hyalobasaltes, jusqu'à celle de diabases holocristallines; il existe même dans un gisement intrusif [mont Fonjay (²)] de véritables gabbros.

(¹) Voir, à ce sujet, PERRIER DE LA BATHIE, *Bull. Écon. de Madagascar*, t. X, 1910, p. 199-235.

(²) Cette montagne est formée par un socle de grès triasiques, métamorphisés en quartzites à pyroxène au contact des masses intrusives très différenciées de ces roches gabbroïques, qui en constituent le sommet; celui-ci est formé par un gabbro sans olivine [analyse $a =$ hessose.III.5.4.(4-5)] qui coiffe une masse importante d'*allivalite* leucocrate [bytownite et olivine (analyse $b =$ *corsose*.II.5.5.5)] :

		a.	*b.*
SiO^2		46,30	44,12
Al^2O^3		18,48	25,33
Fe^2O^3		1,66	0,87
FeO		5,63	3,85
MgO		10,13	9,51
CaO		13,51	14,19
Na^2O		2,18	1,16
K^2O		0,26	0,17
TiO^2		0,70	0,20
P^2O^5		0,09	0,10
H^2O	à 110°	0,21	0,11
	au rouge	0,99	0,25
		100,17	99,86

Mais à côté de ces roches basiques, des épanchements et des filons de roches à silice libre jouent un rôle, qui n'est pas négligeable dans certains de ces centres volcaniques; ceux-ci me paraissent localisés ou tout au moins concentrés entre le Manombo au Nord, le Manambolo au Sud et la chaîne cristalline du Bongo-Lava à l'Est, c'est-à-dire dans l'ouest de l'Ambongo, le Bemihimpa, le Mailaka et le nord du Menabé. Beaucoup d'entre eux sont disséminés dans cette région de grès triasiques que la présence de suintements de bitume fait actuellement prospecter pour la recherche du pétrole.

C'est la composition minéralogique et chimique de ces roches acides qui fait l'objet de cette Note. Je les comparerai en outre à des types analogues, que j'ai vus en place plus au Nord dans la région d'Ampasindava (Ampasibitika, Katsory) et aussi à celles qui existent sur les formations cristallines de la bordure orientale de l'île et que j'ai rencontrées parmi les collections recueillies; dans la région d'Ampanobé (côte Nord-Est) par le R. Baron et sur la côte Sud-Est, au voisinage de Mananjary, ainsi qu'à l'ouest de cette région par MM. Geay et Perrier de la Bathie. Enfin, une comparaison sera utile avec les rhyolites de l'Androy, sur lesquelles j'ai été documenté autrefois par M. Lemaire et M. Alluaud, et plus récemment par M. Rouquette et par M. Giraud, qui a publié ici même une esquisse géologique et une description minéralogiqne sommaire des roches volcaniques de cette région (¹).

Deux grands groupes doivent être distingués dans l'ensemble de ces roches acides, celui des rhyolites et celui des dacites.

Les *rhyolites* présentent une composition minéralogique uniforme, mais de nombreuses variations structurelles.

Les unes sont essentiellement vitreuses, renfermant ou non des phénocristaux (quartz, à inclusions vitreuses, orthose, andésine et parfois augite) disséminés dans du verre vert ou rougeâtre (Gué du Manambaho, sur le sentier de Tambohorano); ce verre présente des cassures perlitiques et possède une texture fluidale que jalonnent des longulites ou des produits ferrugineux plus ou moins oxydés.

Cette fluidalité est encore plus nette dans des types dépourvus de phénocristaux, à pâte blanche ou grise et à aspect de porcelaine, riche en trichites et en globulites (Bemoka, sur la rive droite du Manambaho); il existe parfois des cristallites de biotite (Ambohibé, au sud d'Anamoissy).

(¹) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1298 et 1545.

Les pechsteins d'Ampasibitika sont d'un vert bouteille; ils constituent des filons; ceux de Katsory sont noirs et renferment çà et là des sphérolites feldspathiques de plusieurs centimètres de diamètre. Dans l'Androy, des pechsteins noirs, constitués par un verre homogène qui, à l'inverse des précédents, ne possède pas de cassure perlitique, se trouvent en divers points et notamment au col d'Itsanovandro.

Les roches des gisements, que je viens de citer, sont d'une fraîcheur absolue, mais dans d'autres gisements, des roches similaires sont partiellement ou entièrement quartzifiées, mais, même dans ce cas, les cassures perlitiques restent encore apparentes au milieu du quartz secondaire (entre Ifotaka et Vohimasina dans l'Androy, par exemple).

Les rhyolites dévitrifiées, elles aussi, renferment ou non des phénocristaux; elles sont très rubanées, avec lits parfois curieusement plissés, elles se débitent fréquemment en plaques. Le quartz secondaire se développe souvent entre les lits successifs, mais il n'existe pas de véritables lithophyses.

Beaucoup de ces rhyolites sont riches en sphérolites feldspathiques souvent visibles à l'œil nu, avec verre plus ou moins abondant; celui-ci est d'ordinaire, au moins en partie, transformé en quartz grenu ou pœcilitique. Ce type est de beaucoup le plus fréquent, il constitue surtout les coulées; de bons exemples se trouvent entre Maningoza et le Ranobé, entre Ampaka et Ambalabao, entre Ambalarano et le Tsibidy, entre Andranotakatra et le Ranobé, entre le Kizamahatako et le Fonjay (¹). A Antrakotraka, au sud de Betaboary, la base d'une coulée de ce genre est formée par un pechstein noir en contact avec un épanchement basaltique.

Ces types sphérolitiques abondent aussi sur la côte Nord-Est, dans la région d'Ampanobé; ils sont très fréquents dans l'Androy, notamment au sud de Tsivory (l'orthose est parfois faculée d'albite), au mont Ivohitsombé, etc.

Le second groupe de roches rhyolitiques est beaucoup plus cristallin; il passe même à des types holocristallins, qui sont de véritables microgra-

(¹) Dans cette région il existe, sur le sol, des blocs d'une roche constituée par des pisolites siliceux (opale, ponctuée de quartz et de quartzine), cerclés de calcédonite et enserrant dans leurs intervalles du quartz grenu, qui s'observe aussi parfois à leur centre. Il s'agit très certainement là de produits d'anciennes sources thermales, originellement constitués par de l'opale et quartzifiés par actions secondaires. J'ai en effet observé dans les produits d'une des sources chaudes de la région d'Andavakoera, une roche de même structure, mais oolithique plutôt que pisolitique et constituée uniquement par de l'opale.

nites constituant des dômes (Kizamahatako, Ambohipizaka). Ces roches se distinguent les unes des autres par les variations de la cristallinité de leur pâte, qui peut être microgranitique (environs de Fonjay), renfermer du quartz auréolé (Kizamahatako), être micropegmatique (Ambohipizaka) et passer par étapes successives à des types sphérolitiques à apparence homogène (mont Betandroka).

Des roches micropegmatiques et microgranitiques analogues ne sont pas moins abondantes dans l'Androy, notamment entre Tsivory et Tamotamo; ce sont elles qu'en 1895 Catat, le premier explorateur de cette région, a signalées sous le nom de *sanidinophyres*. Il me reste à parler de roches exceptionnelles de la même région, recueillies par M. Giraud, l'une au sud de Ranomainty et l'autre dans la rivière Andromasy; toutes deux sont caractérisées par l'existence d'augite, d'un péridot très ferrifère et d'andésine; dans la première roche ils forment des phénocristaux distribués dans une pâte riche en verre et en cristallites feldspathiques et pyroxéniques. L'autre roche est holocristalline; le péridot et l'augite moulent des phénocristaux d'andésine, englobés avec un peu de magnétite dans une micropegmatite de quartz et d'orthose. L'existence d'un orthosilicate dans les roches aussi acides est fort singulière; elle doit être comparée à celle que j'ai signalée dans les dacites et les andésites acides de la Martinique. Ces deux rhyolites constituent un terme de passage à des trachytes, roches qui paraissent peu abondantes dans la région sakalave, d'où je n'ai étudié qu'un seul échantillon (holocristallin) provenant du sud de Bekodia. On peut rapprocher de deux roches exceptionnelles de l'Androy une rhyolite très sphérolitique provenant d'Antsonavolo, entre le mont Vatovavy et l'océan Indien, qui, elle aussi, renferme de nombreux phénocristaux d'augite et de plagioclases, mais est dépourvue de péridot.

Les *dacites* sont beaucoup plus rares que les rhyolites. L'une d'elles se trouve à 10^{km} sud de la Manomba à l'est-nord-est de Maintirano; c'est une roche très vitreuse, noire, renfermant comme principal minéral, en phénocristaux, la *cordiérite* en prisme bleus, accompagnés de quartz, d'*hypersthène*, d'andésine et de magnétite; le verre est incolore en lames minces, criblé de cristallites d'hypersthène, de longulites et de trichites ferrugineux. Cette roche prend un aspect pierreux par quartzification de sa pâte.

Un autre gisement dacitique se trouve près de Morafeno, non loin de Mananjary; le pyroxène est de l'augite, le plagioclase de l'andésine; la roche est soit vitreuse (pechstein vert à cassure perlitique), soit pierreuse et renferme dans ce cas des sphérolithes feldspathiques et du quartz.

La composition chimique de toutes ces roches présente d'assez grandes

différences et les groupements qu'on peut établir en se basant sur elle passent à travers les divisions d'ordre minéralogique et structurel. Je les grouperai en trois séries, caractérisées par le rapport des alcalis, en utilisant les bases de la classification chimico-minéralogique.

Une série *dopotassique* est caractérisée par la prédominance de la potasse et la pauvreté en chaux : rhyolites microgranitiques D_p^1, du nord d'Ampanobé, D_p^2 du mont Ivohitsombé. Les analyses suivantes, ainsi que toutes celles de cette Note ont été effectuées par M. Boiteau.

	D_p^1.	D_p^2.
SiO^2	75,25	75,16
Al^2O^3	12,25	10,50
Fe^2O^3	1,45	3,19
FeO	0,50	0,45
MgO	0,25	0,72
CaO	0,30	0,10
Na^2O	2,20	0,78
K^2O	5,67	6,52
TiO^2	0,82	0,30
P^2O^5	0,12	0,06
H^2O (à 110°)	0,47	1,03
» (rouge)	0,64	1,20
	99,92	100,01

Dans la série *sodipotassique*, la proportion de la potasse est moindre, mais elle domine encore pondéralement sur la soude. C'est le groupe le plus abondant à Madagascar : microgranites : S_p^1, du sud de Tsivory, S_p^2, du Kizamohatako; S_p^3, pechstein d'Ampasibitika; S_p^4, trachyte de Bekodia; pechsteins : S_p^5, du Manambaho; S_p^6, du col d'Itsanovondro; S_p^7, rhyolite sphérolitique de l'Ampizarakisoa (Ankaratra); rhyolites à péridot : S_p^8, de l'Andromasy; S_p^9 de Ranomainty.

	S_p^1.	S_p^2.	S_p^3.	S_p^4.	S_p^5.	S_p^6.	S_p^7.	S_p^8.	S_p^9.
SiO^2	75,70	71,75	69,95	62,73	72,61	70,75	71,45	69,13	64,03
Al^2O^3	11,65	13,04	11,99	15,42	11,35	11,39	12,97	12,90	12,77
Fe^2O^3	2,27	2,24	0,76	5,65	1,19	2,48	1,98	1,54	1,92
FeO	0,33	0,47	0,64	0,83	0,44	1,09	0,53	4,00	5,44
MgO	0,07	0,44	0,09	0,64	0,20	0,14	0,44	0,45	0,65
CaO	0,40	0,74	0,66	0,40	1,03	1,43	1,51	2,86	3,42
Na^2O	2,79	3,52	3,70	4,38	1,88	3,10	3,81	3,34	2,91
K^2O	4,36	5,35	3,80	5,72	4,00	3,98	3,53	3,76	4,30
TiO^2	0,57	1,18	0,18	1,41	0,23	0,46	0,47	1,06	1,30
P^2O^5	0,13	0,23	0,09	0,24	0,15	0,07	0,29	0,21	0,40
H^2O (à 110°)	0,27	0,27	2,80	0,97	1,37	0,30	1,74	0,18	0,39
» (rouge)	1,26	0,47	4,98	1,36	5,13	4,41	0,89	0,41	2,25
	99,80	99,70	99,64	99,75	99,58	99,60	99,61	99,84	99,78

Dans une série *dosodique*, la soude l'emporte pondéralement sur la potasse : rhyolites sphérolitiques D_s^1, du mont Betandroka, D_s^2, d'Antsenavolo; D_s^3, dacite à cordiérite de la rivière Manomba; D_s^4, pechstein dacitique de Morafeno.

	D_s^1.	D_s^2.	D_s^3.	D_s^4.
SiO^2	73,10	70,41	66,10	62,63
Al^2O^3	13,12	11,44	14,30	12,19
Fe^2O^3	2,65	2,45	1,17	2,98
FeO	0,52	2,37	5,23	2,89
MgO	0,32	0,72	1,04	1,49
CaO	0,87	3,02	2,41	4,84
Na^2O	5,24	3,74	3,06	2,12
K^2O	2,33	2,88	2,42	0,82
TiO^2	0,46	1,55	0,98	1,53
P^2O^5	0,35	0,39	0,15	0,35
H^2O (à 110°)	0,32	0,31	3,25	3,94
» (rouge)	0,47	1,00	»	4,11
	99,75	100,28	100,11	99,89

Si maintenant l'on cherche comment ces divers types sont distribués dans l'espace, on constate que chacune des régions considérées présente des caractéristiques, qui se précisent encore si, aux données concernant les roches acides, on joint celles que j'ai réunies sur la composition chimique des roches plus basiques qui les accompagnent.

Dans la région sakalave, les types les plus acides appartiennent à la série sodipotassique; en ce qui concerne les alcalis, leurs variations consistent en une augmentation de la soude par rapport à la potasse, montrant une tendance au passage à la série dosodique, qui s'affirme dans les types les plus basiques.

Dans les gisements de la côte orientale, le caractère est exclusivement dosodique, alors que dans l'Androy la grande masse des roches volcaniques est sodipotassique; mais les variations sont inverses de celles de la région sakalave, elles consistent dans l'augmentation de la potasse, qui conduit même à un type dopotassique.

Cette distribution des divers types par ordre géographique est résumée dans le Tableau suivant, donnant les rapports moléculaires des alcalis entre eux, des alcalis et de la chaux feldspathisable et enfin le pourcentage en silice libre calculé.

Je fais figurer dans le même Tableau les données concernant quelques roches plus basiques des mêmes régions; leur composition est la suivante :

	S_p^{10}.	D_s^5.	D_s^6.	D_s^7.	D_s^8.	D_s^9.
SiO^2	50,02	58,15	48,29	52,05	49,95	47,06
Al^2O^3	12,80	13,11	19,38	13,61	15,52	15,03
Fe^2O^3	4,76	2,72	3,49	5,22	3,88	2,46
FeO	8,60	6,27	5,22	6,54	9,91	8,65
MgO	4,09	2,87	4,19	5,23	5,42	7,27
CaO	8,66	5,51	10,13	9,57	9,53	9,88
Na^2O	1,88	3,09	3,08	2,54	2,01	2,38
K^2O	1,78	2,73	1,08	1,28	1,22	1,28
TiO^2	3,31	1,84	2,00	1,77	1,53	2,25
P^2O^5	0,48	0,40	0,80	0,33	0,48	0,34
H^2O (à 110°)	2,16	0,27	0,48	0,16	0,36	1,07
» (rouge)	1,69	2,67	1,48	1,83	0,53	2,12
	100,23	99,3	99,62	100,13	100,4	99,79

		$\frac{K^2O}{Na^2O}$.	$\frac{K^2O+Na^2O}{(CaO)}$.	SiO^2 libre pour 100.
VOLCANS SAKALAVES.				
Série sodipotassique.				
S_p^2 Microgranite (Kitzamohataka)	I.4.I.3 Liparose	1,0	11,3	29,2
S_p^4 Trachyte (S. de Bekodia)	I.4.I.3 Liparose	0,9	33,0	13,7
S_p^5 Pechstein (Manambaho)	I.3.2.3 Tehamose	1,4	4,9	43,8
Série dosodique.				
D_s^1 Rhyolite (Betandroka)	I.4.I.4 Kallerudose	0,3	11,0	32,5
D_s^3 Dacite à cord. (Manomba)	II.4.2.4 Dacose	0,5	1,9	29,3
D_s^7 Labradorite (Andranomilevina)	II.5.3.4 Andose	0,35	0,7	4,3
D_s^8 Labradorite (Tanilehy)	III.5.4.(4.-5) Auvergnose	0,4	0,4	4,0
D_s^9 Basalte (près Besevo)	III.5.4.(4.-5) Auvergnose	0,5	0,56	0
VOLCANS DE L'EST.				
Série dosodique.				
D_s^2 Rhyolite (Antsenavolo)	I.3.2.4 Alsbachose	0,5	4,3	32,6
D_s^4 Pechstein dacitique (Morafeno)	I.3.4.4-5 X	0,3	0,57	35,2
D_s^5 Hyaloandésite (Ihovika)	II.4.3.4 Tonalose	0,58	1,61	22,2
D_s^6 Labradorite à labrador (Riv. Rainany)	II.5.4.(4-5) Hessose	0,3	0,5	0,5
VOLCANS DE L'ANDROY.				
Série dopotassique.				
D_p^2 Rhyolite (Ivohitsombé)	I.3.I.2 Magdeburgose	5,3	∞	44,5

			$\frac{K^2O}{Na^2O}$.	$\frac{K^2O+Na^2O}{(CaO)}$.	SiO^2 libre pour 100.
	VOLCANS DE L'ANDROY (suite).				
	Série sodipotassique.				
S_p^1	Microgranite (S. de Tsivory)	I.3.I.3 Alaskose......	1,0	23	41,9
S_p^6	Pechstein (Itsanovondro)	I.3.I.3 Tehamose.....	0,7	3,9	37,0
S_p^8	Rhyolite (Andromasy)	II.4.2.3 Adamelose....	0,75	2,8	28,1
S_p^9	Rhyolite (Ranomainty)	II.4.2.3 Adamelose....	1,0	2,9	21,7
S_p^{10}	Labradorite (N. W. Analamainty)	III.4.3.3 X...........	0,62	0,66	9,9

En terminant, je ferai remarquer que le pechstein dacitique correspond à une division de la classification chimico-minéralogique, qui n'a pas encore été observée et qui se trouve à la limite d'une autre division [1.3.3.(4-5)] qui n'a pas été davantage rencontrée jusqu'ici. La dacite de la rivière Manomba est particulièrement intéressante à cause de sa richesse en cordiérite, dont l'origine magmatique ne semble pas douteuse. L'analyse de cette roche confirme le fait établi par plusieurs observations antérieures, à savoir que la production de la cordiérite dans un magma silico-alumineux fondu contenant de la magnésie n'est possible que s'il existe un excès d'alumine sur la quantité feldspathisable. Cet excès est de 3,06 pour 100 dans ce cas particulier.

AGRONOMIE. — *Études sur l'arrosage des terres.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Depuis 8 ans, nous poursuivons, à la demande et avec l'appui de la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles au Ministère de l'Agriculture, des recherches sur les arrosages et les propriétés physiques des terres.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré que les quantités d'eau d'arrosage pratiquement données étaient en général bien supérieures aux besoins réels des récoltes, et qu'il était fait ainsi un véritable gaspillage d'eau. Nous avons insisté sur la nécessité qu'il y aurait, au contraire, de limiter l'usage de l'eau à la quantité réellement utile, afin de pouvoir étendre aux plus grandes surfaces possibles le bienfait de l'arrosage. L'in-

(1) *Comptes rendus*, t. 154, p. 481.

térêt général veut en effet que l'eau, qui est rare, serve à augmenter le plus possible la fortune publique, en apportant la plus-value due à l'irrigation aux surfaces les plus étendues. Au contraire, l'agriculteur, qui a payé l'eau, croit utile d'en employer le plus possible, ce qui est une erreur souvent préjudiciable à son propre intérêt : l'intérêt particulier n'est pas antagoniste de l'intérêt général.

Dans l'ensemble de ces recherches, nous n'avons envisagé que le cas de la prairie naturelle, qui est la principale culture irriguée et qui peut servir de type, et nous avons étudié la méthode usuelle *par déversement*, telle qu'elle est pratiquée dans les régions des grands canaux de la France et de l'Étranger.

Dans cette méthode, la surface du terrain est divisée en parcelles rectangulaires appelées *calants*, qui sont arrosées successivement. Chaque calant est contigu à une rigole de distribution, qui le domine, et de laquelle on fait déborder l'eau d'arrosage, qui s'écoule en nappe uniforme en suivant les lignes de plus grande pente du sol.

Nous avons montré que, dans ces conditions, l'arrosage le plus favorable est celui qui est juste nécessaire pour que l'eau atteigne tous les points de la parcelle. Cette dose d'arrosage, que nous avons appelée l'*arrosage minimum*, n'est donc point fixée par les besoins réels de la végétation, mais par la nécessité où l'on est d'effectuer un arrosage complet. Le minimum idéal serait celui qui correspondrait strictement aux quantités d'eau que les récoltes doivent évaporer pour élaborer leur propre substance. Nous avons fait voir qu'en pratique il est toujours dépassé. Il en résulte que l'irrigation rationnelle est celle qui tend à la plus grande économie de l'eau.

L'eau d'arrosage est admise dans la rigole de distribution avec un débit déterminé et constant qui est imposé à l'usager par le règlement du canal et qui s'appelle le *module*. La rigole déborde sur une longueur égale à la largeur du calant et alimente une nappe arrosante dont on peut calculer le débit à l'entrée de la planche par seconde et par mètre de largeur. La vitesse de ruissellement est fonction de ce débit et de la pente du terrain. Elle est ralentie par la végétation. Par suite de l'infiltration, qui est proportionnelle à la perméabilité du sol, cette vitesse diminue à mesure qu'on s'éloigne de la rigole de distribution et tendrait à devenir nulle si le calant avait une longueur suffisante. L'arrosage minimum, dont la valeur est fixée par le temps que la nappe arrosante met à atteindre l'extrémité du calant, peut ainsi varier entre de larges limites sous l'influence de ces facteurs : module, pente, état de la végétation, dimensions des calants, perméabilité du terrain.

Nous avons exposé dans notre précédente Note nos recherches sur l'influence de la perméabilité; c'est l'étude des autres facteurs qui fait l'objet de la présente Note.

Pente et état de la végétation. — Nous avons essayé d'apporter une contribution à la détermination de la loi du ruissellement à la surface du sol couvert de végétation. Cette question n'a fait l'objet, jusqu'à présent, que d'un petit nombre de recherches.

Dans une rigole en bois, étroite et longue, nous avons placé, sans les

déformer, des mottes engazonnées, de façon à réaliser en quelque sorte un rectangle de prairie dont on pouvait à volonté faire varier la pente. On y faisait couler de l'eau avec des débits pouvant être mesurés et maintenus constants. La terre étant saturée d'eau sur un fond imperméable, l'effet de la perméabilité était supprimé. Nous mesurions l'épaisseur moyenne de la nappe ruisselante pour des pentes et des débits variés.

Les données de cette expérience nous ont conduit à la formule suivante :

$$v = mh\sqrt{i},$$

v étant la vitesse moyenne de ruissellement, h l'épaisseur de la nappe ruisselante et i la pente. m est un coefficient qui varie avec la nature de la végétation recouvrant le sol. Cette formule est différente de la formule

$$v = hki$$

que M. Ringelmann a donnée récemment (¹), mais elle est analogue à celle que M. Crevat a indiquée d'après les déterminations de M. Carrier (²) :

$$v = 20h\sqrt{i}.$$

Nous avons cependant trouvé, pour la valeur du coefficient m, des chiffres notablement plus faibles : 7,5 pour de la terre couverte d'herbe longue, mais relativement peu fournie, 5 pour une terre couverte d'herbe bien fournie et un peu moussue.

L'état de la végétation qui recouvre le sol est un facteur important dans la distribution de l'eau sur les surfaces arrosées, mais l'agriculteur ne peut pas, en général, le faire varier. Quant à la pente, il peut la modifier par l'aménagement préalable du terrain. Il a avantage à lui donner une valeur un peu élevée, afin d'augmenter la vitesse de ruissellement, pour diminuer les volumes d'eau nécessaires à l'arrosage.

Débit de la nappe arrosante. — Pour évaluer les limites entre lesquelles il est convenable de faire varier le débit de la nappe arrosante, nous avons organisé une série d'essais sur des champs d'expériences choisis dans des terrains de natures diverses et dans des régions différentes. L'un d'eux, à l'École d'Agriculture d'Ondes (Haute-Garonne), se trouvait dans une terre argileuse peu perméable. Cinq autres étaient établis sur le périmètre du canal de Carpentras (Vaucluse), dans des alluvions anciennes ou modernes, moyennement perméables. Enfin, nous avons choisi comme type de terrains

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, p. 849.

(²) Crevat, *Conditions d'irrigation rationnelle*.

extrêmement perméables, une alluvion ancienne comprise dans le périmètre du canal de la Bourne, aux environs de Valence (Drôme).

Pour faire varier commodément le débit de la nappe arrosante, nous avons disposé dans chaque champ d'expériences trois calants de très grande longueur, mais de largeur respectivement égale à 5^m, 10^m et 20^m. Ils étaient arrosés successivement avec un module M uniforme et bien mesuré, de sorte que, pour chacun d'eux, le débit de la nappe arrosante par mètre de largeur était égal à $\frac{M}{5}$, $\frac{M}{10}$ et $\frac{M}{20}$, variant ainsi comme les nombres 4, 2 et 1. Pendant l'arrosage, on observait la vitesse avec laquelle l'eau gagnait du terrain et l'on calculait l'intensité des arrosages correspondants. Les débits de la nappe arrosante les plus convenables, c'est-à-dire ceux qui correspondent à la meilleure répartition de l'eau et aux arrosages les plus réduits, ont été les suivants, en litres par seconde et par mètre de largeur :

Stations.	Perméabilité.	Débits optima.
		l
Ondes	0,6	0,30
Carpentras	10 à 20	1 à 2
Valence	60	9,33

Ce qui est tout d'abord frappant à l'examen des chiffres de ces débits, ce sont les grandes différences qu'ils présentent selon la perméabilité des sols.

Dans les terrains extrêmement perméables, il faut donner à la nappe déversante un débit élevé, sinon toute l'eau s'engouffre au voisinage immédiat de la rigole de distribution et n'arrive pas à humecter des points un peu éloignés. Dans les terrains très peu perméables, au contraire, on peut donner à ce débit des valeurs beaucoup plus faibles. On ne peut cependant descendre notablement au-dessous du chiffre de $0^l,30$, sous peine de voir la nappe arrosante se diviser en filets isolés qui n'arroseraient que partiellement le terrain.

Quel que soit le degré de perméabilité, le débit optimum de la nappe est voisin d'un minimum au-dessous duquel l'arrosage devient impraticable. D'autre part, ce débit ne peut pas s'accroître au-dessus de certaines limites. Le calant ne devant recevoir que la quantité d'eau juste nécessaire pour l'humecter sur toute sa surface, il faut cesser l'arrosage au moment précis où la nappe a gagné suffisamment de terrain pour atteindre, en s'égouttant, les parties qui sont les plus éloignées de la rigole de distribution. Or, ce point est très délicat à saisir si la nappe déversante a un débit, et, par suite, une épaisseur trop grands. On diminuera donc les difficultés pratiques et les frais de main-d'œuvre, en même temps que l'on réalisera une importante économie d'eau, en donnant à ce débit une valeur aussi faible que possible.

Largeur des calants et module. — En vue de diminuer le temps à consacrer aux arrosages et de réduire les frais de main-d'œuvre, il y a avantage à donner aux calants une largeur aussi grande que possible, mais qu'on ne peut pas exagérer sous peine de rendre très difficile la répartition régulière

de l'eau. On ne peut pas non plus avoir des calants très larges dans les pays où la propriété est très morcelée et les champs très étroits. En somme, la fixation de la largeur des calants résulte de considérations étrangères à la nature physique du terrain. La valeur du module dérive de cette donnée, en même temps que du débit de la nappe arrosante. Les observations que nous avons effectuées sur le périmètre des canaux nous ont conduit aux chiffres suivants :

Canaux.	Débit optimum de la nappe arrosante.	Largeur moyenne des calants.	Module résultant.	Module adopté par le canal.
	l	m	l	l
Saint-Martory....	0,30	50	15	42
Carpentras.......	1 à 2	20 à 25	20 à 50	33 à 42
Bourne..........	9,33	20	187	28

Les modules qu'il faudrait adopter, selon nos observations, et ceux qui sont réellement en usage, sont loin d'être concordants. Ainsi, le canal de Saint-Martory, auquel conviendrait un module réduit, possède, au contraire, un module assez élevé, tandis qu'on a choisi pour le canal de la Bourne un module faible, au lieu du grand module qui serait en rapport avec les propriétés physiques des terres qu'il dessert. Ces discordances rendent l'application de l'eau difficile ou onéreuse, quelquefois même impraticable. Au nombre des causes qui ont paralysé le développement des arrosages pour ces deux canaux, il faudrait, selon nous, inscrire en première ligne le choix du module.

Au contraire, le canal de Carpentras a adopté, après quelques tâtonnements, un module variable selon la perméabilité des quartiers à desservir, et qui concorde ainsi avec celui que nos essais font regarder comme convenant le mieux à la nature des terres de son périmètre. Pour ce canal, qui peut être considéré comme un modèle d'intelligente adaptation, l'expérimentation directe conduit aux mêmes conclusions qu'une longue pratique culturale.

Longueur des calants. — Sur un calant, arrosé par déversement et qui reçoit ce que nous avons défini plus haut, l'*arrosage minimum*, l'eau n'est pas répartie d'une façon uniforme en tous ses points. L'arrosage est plus intense dans les parties les plus rapprochées de la rigole, qui sont submergées pendant tout le temps mis par la nappe pour gagner les points les plus éloignés. Cependant, on n'y remarque jamais de différences dans la végétation, ni dans le rendement en fourrage. Les parties les moins arrosées le sont donc d'une façon suffisante, et sur les autres, qui ont reçu plus d'eau, une partie de cette eau n'est pas utilisée et se perd dans les drainages. Ces pertes peuvent être réduites en diminuant la longueur du calant. C'est ce que nous avons constaté directement par des essais effectués dans trois champs d'expériences organisés aux environs de Carpentras.

On avait aménagé : 1° un calant de 10^m de longueur sur 10^m de largeur; 2° trois autres calants qui avaient encore 10^m de largeur, mais seulement 5^m de longueur. On effectuait l'arrosage tous les 7 jours et demi avec le module uniforme de 10^l par seconde. Le calant de 10^m de longueur recevait l'eau pendant le temps juste nécessaire pour l'arroser sur toute sa surface. On donnait ensuite à chacun des calants de longueur réduite un arrosage avec le $\frac{1}{4}$, le $\frac{1}{3}$ et les $\frac{5}{12}$ de ce temps; chacun d'eux recevait donc $\frac{1}{2}$ volume, $\frac{1}{3}$ de volume et $\frac{5}{6}$ de volume d'eau, l'unité de volume étant, rapportée à l'unité de surface, l'arrosage donné au calant de 10^m de longueur. Calculés en débit continu par seconde et par hectare, les volumes d'eau d'arrosage ont été les suivants :

	Champs d'expériences.		
	Perradou.	Croisières.	Croix-Couverte.
Perméabilité du sol	3	10	12
	l	l	l
Calant 1, 10^m de longueur	0,71	0,89	0,89
» 2, 5^m »	0,59	0,74	0,74
» 3, 5^m »	0,48	0,59	0,60
» 4, 5^m »	0,35	0,44	0,45

Pour le calant 1 l'arrosage a correspondu à l'arrosage complet minimum.
» 2 » à un excès d'eau.
» 3 » à l'arrosage complet minimum.
» 4 » à un arrosage incomplet ($\frac{1}{5}$ de la surface).

Pour obtenir l'arrosage complet minimum, on a fait, sur des calants de 5^m de longueur, par rapport à des calants de longueur double, toutes choses égales d'ailleurs, une économie du tiers de l'eau d'arrosage. La pesée des récoltes nous a démontré que les rendements en fourrage étaient identiques sur toutes les parcelles ayant reçu un arrosage complet.

On réalisera donc une importante économie d'eau, en donnant aux calants une longueur aussi réduite que possible. L'économie est d'autant plus grande que le sol est plus perméable; les calants courts s'imposent surtout dans les terrains de grande perméabilité.

Conclusions. — De ces recherches il faut conclure que l'arrosage minimum, qui donne toujours les meilleurs résultats culturaux, n'est qu'un arrosage minimum relatif, puisqu'il dépend de la pente, de la végétation, du module et des dimensions des calants. Il représente toujours un notable excès sur les besoins réels en eau de la récolte. Il faut chercher à le réduire par le choix rationnel des facteurs dont il est la résultante. De ces facteurs, un seul, le module, est fixé par le règlement du canal. Les autres, qui expriment en réalité l'aménagement du terrain, ne peuvent être imposés à l'usager. Leur amélioration se traduit tout d'abord par une augmentation

des dépenses, mais il en résulte aussi sûrement des récoltes et des bénéfices plus élevés. En attendant que l'agriculteur soit persuadé que, dans son intérêt particulier, comme dans l'intérêt général, il doit s'efforcer de réaliser des économies d'eau, il serait à désirer que les règlements des canaux d'irrigation l'intéressent directement à ces économies en lui concédant l'eau au volume et non à la surface arrosée. Cette conclusion s'identifie avec le principe que MM. Müntz et Faure ont posé au début de ces longues recherches.

M. **L. De Launay** offre à l'Académie la seconde édition, revue et augmentée, de son Ouvrage : La Science géologique, *ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire*. Plusieurs Chapitres y ont été entièrement recomposés, notamment ceux qui concernent les mouvements de l'écorce terrestre, la structure des Alpes, celle de l'Asie et de l'Afrique. Une place nouvelle a été attribuée au rôle des phénomènes radioactifs, aux changements de climat pléistocènes, etc.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Louis Henry*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 41,

M. G. Charpy obtient	....	33 suffrages
M. Grignard »	....	7 »
M. Recoura »	....	1 suffrage

M. **G. Charpy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Chimie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le Tome X (1re série) des Œuvres d'Euler, intitulé : *Institutiones calculi differentialis*, edidit Gerhard Kowalewski.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Documents pour l'étude de la Géobotanique congolaise*, par E. de Wildeman. (Présenté par M. le Prince Bonaparte.)

2° R. Benon. *Traité clinique et médico-légal des troubles psychiques et névrosiques post-traumatiques.* (Présenté par M. Lucas-Championnière.)

3° *Les Archives urologiques de la clinique de Necker*, publiées par F. Legueu. Tome I, fasc. 1 et 2. (Présenté par M. F. Guyon.)

MM. **Benjamin Chauveau**, **R.-Victor Picou** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des solutions méromorphes de certaines équations intégrales linéaires de troisième espèce.* Note de M. **Ch. Platrier**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soient $\alpha < 0 < \beta$ et $\psi(x)$, $K(x, s)$ des fonctions bornées et holomorphes en x pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$, $\alpha \leqq s \leqq \beta$. Considérons tout d'abord l'équation intégrale linéaire de troisième espèce :

$$x\varphi(x) = \psi(x) + \lambda \int_\alpha^\beta K(x, s)\,\varphi(s)\,ds. \tag{1}$$

Je me propose de chercher sous quelles conditions elle admettra une solution $\varphi(x)$ dont le point $x = 0$ sera un pôle simple.

Écrivons le développement en polynome de Taylor

$$x\varphi(x) = \alpha_0 + x\zeta(x).$$

En remplaçant $x\varphi(x)$ par cette expression dans (1) on voit que le problème en question est équivalent à la recherche des conditions d'existence d'une fonction $\zeta(x)$ holomorphe pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$ et satisfaisant à

$$x\zeta(x) = \psi(x) + \alpha_0\left[-1 + \lambda \int_\alpha^\beta \frac{K(x, s)}{s}\,ds\right] + \lambda \int_\alpha^\beta K(x, s)\,\xi(s)\,ds. \tag{2}$$

Il est donc nécessaire que $h(x) = \int^\beta \frac{K(x, s)}{s}\,ds$ soit une fonction holo-

morphe de x pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$. Supposons cette condition remplie. Écrivons les développements en polynomes de Taylor

$$\psi(x) = a_0 + x f(x), \qquad h(x) = h_0 + x g(x), \qquad K(x, s) = b_0(s) + x H(x, s),$$

et appelons $\mathcal{K}(x, s, \lambda)$, $D(\lambda)$ la résolvante et la déterminante du noyau $H(x, s)$ dans le champ $(\alpha\text{-}\beta)$. Pour que l'équation (2) admette une solution $\zeta(x)$ holomorphe, il faut et il suffit (voir E. Picard, *Annales de l'École Normale*, 1911, et Ch. Platrier, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1825) que :

$$(3) \quad a_0 + \lambda \int_\alpha^\beta c(s, \lambda) f(s)\, ds + \alpha_0 \left\{ -1 + \lambda \left[h_0 + \lambda \int_\alpha^\beta c(s, \lambda) g(s)\, ds \right] \right\} = 0,$$

en appelant $c(s, \lambda)$ la fonction

$$c(s, \lambda) = b_0(s) + \lambda \int_\alpha^\beta b_0(t) \mathcal{K}(t, s, \lambda)\, ds.$$

De plus, les équations (2) et (3) déterminent α_0 et $\zeta(x)$. De là la conclusion suivante : Si l'on exclut les valeurs particulières de λ qui annulent les fonctions entières de λ,

$$D(\lambda) \qquad \text{et} \qquad \Delta(\lambda) = D(\lambda) \left\{ -1 + \lambda \left[h_0 + \lambda \int_\alpha^\beta c(s, \lambda) g(s)\, ds \right] \right\},$$

la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (1) admette une solution $\varphi(x)$ dont le point $x = 0$ soit un pôle simple est que $h(x)$ soit holomorphe pour

$$\alpha \leqq x \leqq \beta.$$

2. Nous sommes naturellement conduit à rechercher si l'équation

$$(4) \qquad x^p \varphi(x) = \psi(x) + \lambda \int_\alpha^\beta K(x, s) \varphi(s)\, ds,$$

où p entier positif admettra une solution $\varphi(x)$ dont le point $x = 0$ sera un pôle d'ordre $\overline{p - q}$, quand on suppose les $\overline{p - q}$ fonctions

$$h_\theta(x) = \int_\alpha^\beta \frac{K(x, s)}{s^{\theta+1}}\, ds \qquad (\theta = 0, 1, \ldots, p - q - 1)$$

holomorphes pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$. Dans ces hypothèses, écrivons les développe-

ments en polynomes de Taylor,

$$(5)\qquad x^p\varphi(x) = x^q\alpha_0 + x^{q+1}\alpha_1 + \ldots + x^{p-1}\alpha_{p-q-1} + x^p\zeta(x);$$
$$\psi(x) = a_0 + xa_1 + \ldots + x^{p-1}a_{p-1} + x^p f(x),$$
$$h_{p-1-\theta}(x) = u_0^\theta + xu_1^\theta + \ldots + x^{p-1}u_{p-1}^\theta + x^p g(x) \qquad (\theta = q, q+1, \ldots, p-1),$$
$$K(x, s) = b_0(s) + x\,b_1(s) + \ldots + x^{p-1}\,b_{p-1}(s) + x^p\,H(x, s).$$

Nous devons chercher les solutions holomorphes de l'équation en $\zeta(x)$

$$(6)\quad x^p\zeta(x) = \psi(x) + \alpha_0[\lambda\,h_{p-q-1}(x) - x^q] + \alpha_1[\lambda\,h_{p-q-2}(x) - x^{q+1}] + \ldots$$
$$+ \alpha_{p-q-1}[\lambda\,h_0(x) - x^{p-1}] + \lambda\int_\alpha^\beta K(x, s)\,\zeta(s)\,ds.$$

Ce problème est équivalent (voir Ch. Platrier, Note déjà citée) à la résolution du système d'équations en $\zeta(x)$, α_0, α_1, …, α_{p-q-1}, formé par (6) et par les p équations

$$(7)\quad \alpha_0\,l_{q\varpi}(\lambda) + \alpha_1\,l_{\overline{q-1}\varpi}(\lambda) + \ldots + \alpha_{p-q-1}\,l_{\overline{p-1}\varpi}(\lambda) = m_\varpi(\lambda) \qquad (\varpi = 0, 1, \ldots, \overline{p-1}),$$

où les fonctions entières de λ $l_{ij}(\lambda)$ et $m_\varpi(\lambda)$ sont définies par les égalités

$$c_\varpi(s, \lambda) = b_\varpi(s) + \lambda\int_\alpha^\beta b_\varpi(t)\,\mathcal{K}(t, s, \lambda)\,dt,$$
$$m_\varpi(\lambda) = -D(\gamma)\left[a_\varpi + \lambda\int_\alpha^\beta c_\varpi(s, \lambda)\,f(s)\,ds\right],$$
$$n_{ij}(\lambda) = D(\lambda)\left[u_i^j + \lambda\int_\alpha^\beta c_i(s, \lambda)\,g_j(s)\,ds\right],$$
$$l_{ii}(\lambda) = -D(\lambda) + \lambda n_{ii}(\lambda) \qquad \text{et} \qquad l_{ij}(\lambda) = \lambda n_{ij}(\lambda) \qquad \text{pour} \qquad i \neq j.$$

A toute solution $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_{p-q-1}$ du système (7) correspond une fonction holomorphe $\zeta(x)$ et une seule et, par suite, une fonction méromorphe $\varphi(x)$ et une seule. La recherche de ces dernières fonctions est donc ramenée à la discussion du système d'équations linéaires (7). Nous en déduirons en particulier les deux conclusions suivantes : 1° Supposons $q = 0$ et appelons $\Delta(\lambda)$ le déterminant des coefficients des p inconnues dans les p équations (7). Si l'on exclut les valeurs particulières de λ qui annulent les fonctions entières de $\lambda D(\lambda)$ et $\Delta(\lambda)$ et si les p fonctions $h_0(x)$, $h_1(x)$, …, $h_{p-1}(x)$, sont holomorphes pour $\alpha \leq x \leq \beta$, il existe une solution $\varphi(x)$ de (4) et une seule dont le point $x = 0$ est un pôle d'ordre p. 2° Supposons $q > 0$ et inférieur à p. Il n'existera en général de solution du système (7) que si q fonctions entières en λ : $G_1(\lambda)$, $G_2(\lambda)$, …, $G_q(\lambda)$, sont nulles.

Donc, si l'on exclut les valeurs particulières de λ qui annulent $D(\lambda)$ et si les $\overline{p-q}$ fonctions $h_0(x)$, $h_1(x)$, $\ldots$, $h_{p-q-1}(x)$, sont holomorphes pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$, il n'existera en général de solutions $\varphi(x)$ de (4) dont le point $x=0$ sera un pôle d'ordre $\overline{p-q}$ que si λ satisfait à q relations $G_1(\lambda)=G_2(\lambda)=\ldots=G_q(\lambda)=0$; de plus, ces q conditions supposées remplies, la solution $\varphi(x)$ considérée sera en général unique.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les hélicoïdes de seconde espèce.* Note de M. Barré, présentée par M. Appell.

1. J'ai défini antérieurement ces surfaces (cf. *Comptes rendus*, 29 avril 1907); ce sont les surfaces les plus générales engendrées par des hélices circulaires de même axe. Elles ont pour équations réduites :

$$(1) \qquad x=\rho\cos\varphi, \qquad y=\rho\sin\varphi, \qquad z=f(\rho)+k(\rho)\,\varphi.$$

Je ne reviendrai pas sur les définitions de la ligne de striction et du paramètre de distribution également données (*Comptes rendus*, 21 mai 1907) ni sur leurs propriétés déjà signalées.

2. Propriétés relatives au plan tangent. — Soit ϖ l'angle de la normale à la surface avec la normale principale de la génératrice

$$(2) \qquad \cos\varpi=-\frac{\rho(f'+k'\varphi)}{[\rho^2(f'+k'\varphi)^2+\rho^2+k^2]^{\frac{1}{2}}}.$$

Soit V l'angle du plan tangent avec le plan directeur de la surface ($z=0$),

$$(3) \qquad \operatorname{tang}^2 V=k_1^2+\operatorname{tang}^2 U, \qquad k_1=\frac{k}{\rho}, \qquad \operatorname{tang} U=f'+k'\varphi.$$

Théorème I. — *Les hélices génératrices dont le pas angulaire $\frac{k}{\rho}$ est stationnaire appartiennent à la courbe de contact de cônes circonscrits ayant leur sommet sur l'axe de la surface.*

Corollaire. — *Lorsque le pas angulaire des génératrices est constant, les courbes de contact des cônes circonscrits ayant leur sommet sur l'axe sont formées d'hélices génératrices.*

3. Cercles principaux de la surface. — Ce sont les cercles dégénérescences

des hélices correspondant aux valeurs de ρ qui annulent la fonction $k(\rho)$. Le plan tangent au point central d'un cercle principal est parallèle au plan directeur. La normalie relative à un cercle principal admet pour sections parallèles au plan directeur des spirales d'Archimède.

Génératrice dont le pas (k) est stationnaire, c'est-à-dire correspondant aux valeurs de ρ qui annulent $k'(\rho)$. — On peut à leur sujet énoncer le

THÉORÈME II. — 1° *Pour tous les points d'une hélice à pas stationnaire, l'angle du plan tangent avec le plan directeur est constant.*

2° *Ces génératrices sont à la fois des cercles géodésiques, des courbes à torsion géodésique constante et à paramètre de distribution nul.*

4. REMARQUE AU SUJET DU POINT CENTRAL. — *Dans ces surfaces, le point central correspond à un véritable minimum de la distance* à la génératrice voisine, comme dans les surfaces réglées. Toute cette étude met en évidence des analogies remarquables avec les surfaces réglées.

Angle de la ligne de striction avec la génératrice passant au point considéré. — Cet angle est donné par la formule

$$\tag{4} \operatorname{tang}\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{\rho^2+k^2}}\frac{d\rho}{d\varphi} = -\frac{1}{(\rho^2+k^2)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{f'}{k'}\right)'}.$$

On tire de là l'équation

$$\tag{5} f = \cot\varepsilon_0 \int^{\rho}\left(k'\int^{\rho}\frac{d\rho}{(\rho^2+k^2)^{\frac{1}{2}}}\right)d\rho + ak,$$

qui définit, k étant une fonction arbitraire, la fonction à lui associer pour que, sur la surface correspondante, la ligne de striction soit une trajectoire d'angle ε_0 ; c'est en même temps une méridienne.

En particulier, les surfaces pour lesquelles la ligne de striction est une trajectoire orthogonale peuvent être représentées canoniquement par

$$\tag{6} x = \rho\cos\varphi, \qquad y = \rho\sin\varphi, \qquad z = k(\rho)\varphi.$$

Au type défini par les équations (6) appartiennent les surfaces hélicoïdales de seconde espèce, divisées en carrés infiniment petits par leurs hélices génératrices [1].

5. ASYMPTOTIQUES ET LIGNES DE COURBURE. — THÉORÈME III. — *Dans les héli-*

[1] L'équation $k'\rho(\rho^2+k^2) = 2kk'^2\rho - k^2k'$ achève de définir ces surfaces.

coïdes de seconde espèce dont les hélices génératrices ont un pas angulaire constant, ces génératrices et les méridiennes forment un réseau conjugué.

Théorème IV. — *Exception faite des hélices à pas stationnaire, il existe sur chaque génératrice deux points où elle touche une asymptotique. Au contraire, sur une génératrice à pas stationnaire, il n'y a aucun pareil point, à moins que la génératrice ne soit une asymptotique.*

Pour les lignes de courbure, *on a une proposition analogue.* Les deux points sont équidistants du point central.

Je me suis proposé de chercher dans quel cas une méridienne peut être une ligne de courbure. Je me bornerai ici à énoncer le résultat suivant :

Si les méridiennes forment un faisceau de lignes de courbures, la surface est un cône ou un hélicoïde. La méridienne de ce dernier est définie par la relation

$$z = (a^2 - x^2)^{\frac{1}{2}} - \frac{a}{2}\log\left(\frac{a + \sqrt{a^2 - x^2}}{a - \sqrt{a^2 - x^2}}\right). \tag{7}$$

6. Les *trajectoires orthogonales des génératrices* sont données par l'équation linéaire

$$\frac{d\varphi}{d\rho} + \frac{kk'}{\rho^2 + k^2}\varphi + \frac{kf'}{\rho^2 + k^2} = 0. \tag{8}$$

7. Courbure totale. — Malgré l'intérêt de la discussion complète de cet élément, nous devons nous borner à énoncer les propositions les plus générales que nous ayons obtenues à son sujet.

Théorème V. — *Sur une génératrice à pas non stationnaire, il existe deux points paraboliques et quatre points dont la courbure totale ait une valeur donnée non nulle.*

Théorème VI. — *Dans les surfaces dont la génératrice a un pas angulaire constant, le lieu des points paraboliques se compose de :*

1° *La ligne de striction;*

2° *Des génératrices lieux des inflexions des méridiennes.*

Courbure moyenne. — Théorème VII. — *Sur chaque génératrice à pas non stationnaire il existe six points où la courbure moyenne ait une valeur donnée non nulle et trois points où la courbure moyenne soit nulle.* (Discussion intéressante pour le cas exceptionnel.)

8. COURBURE GÉODÉSIQUE D'UNE COURBE TRACÉE SUR LA SURFACE. — Nous nous limiterons à ce qui suit :

Pour une génératrice,

$$\gamma_H = \left(\frac{1}{\rho_g}\right)_H = \frac{\rho}{(\rho^2 + k^2)^{\frac{1}{2}}} \frac{1}{[(\rho^2 + k^2) + \rho^2(f' + k'\varphi)]}.$$

Pour la trajectoire orthogonale,

$$\gamma_T = (\varpi\gamma_H)^2 \Delta_S;$$

ϖ, paramètre de distribution; Δ_S, arc compté sur la génératrice comprise entre le point central et le point étudié.

THÉORÈME. — *Si la ligne de striction est trajectoire orthogonale, elle est géodésique, et si une trajectoire orthogonale est géodésique, c'est la ligne de striction* (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les symétries des groupes reproductifs des formes quadratiques ternaires indéfinies.* Note de M. **TH. GOT**, présentée par M. G. Humbert.

C'est par sa méthode de réduction des substitutions que Poincaré a obtenu les résultats les plus précis qu'on possède sur les groupes reproductifs des formes quadratiques ternaires indéfinies. Dans un Mémoire de l'*American Journal of Mathematics*, M. Picard a étendu cette méthode aux formes à indéterminées conjuguées d'Hermite.

En raison de l'importance pratique de l'existence de *symétries* dans les groupes reproductifs, il ne serait pas sans intérêt d'avoir un critérium permettant de les reconnaître *a priori* pour une forme numériquement donnée. Or j'y parviens par l'application de cette méthode de réduction aux substitutions *gauches*.

Ce sont celles dont le déterminant est égal à -1. Parmi elles, les symétries sont caractérisées par la condition (2)

$$a + \delta = 0.$$

Elle revient à celle-ci : l'invariant de la substitution doit être égal à $+1$.

(1) La seconde réciproque est inexacte, mais en cherchant à la vérifier on trouve, outre les surfaces (6), une nouvelle famille de surfaces intéressantes.

(2) Cf., pour les notations, POINCARÉ, *Les fonctions fuchsiennes et l'arithmétique*.

Ceci posé, soit S une symétrie, c'est-à-dire une substitution semblable de la forme f, de déterminant -1, et laissant fixe point par point une droite

$$ux + vy + wz = 0$$

qui rencontre la conique $f(x, y, z) = 0$. u, v, w sont entiers et l'on en déduit une substitution T, telle que $S' = TST^{-1}$ soit du type

$$S' = \begin{vmatrix} -1, & 0, & 0 \\ \lambda, & a, & b \\ \mu, & c, & d \end{vmatrix}$$

où, par ce qui précède, $ad - bc = 1$ et $a + d = 2$.

Une réduction ultérieure s'obtient par la considération de la forme

$$\psi(y, z) = cy^2 + (d - a)yz - bz^2$$

inaltérée par la substitution $(ay + bz, cy + dz)$. Son discriminant étant nul, on arrive au type

$$S'' = \begin{vmatrix} -1, & 0, & 0 \\ \lambda, & 1, & 0 \\ \mu, & \nu, & 1 \end{vmatrix}.$$

Mais pour que S″ reproduise une forme ternaire ν *doit être nul*. Désignons alors par (λ, μ) une symétrie S″. Deux symétries (λ, μ), (λ', μ') seront de même classe, dès qu'on aura

$$(\lambda, \mu) \equiv (\lambda', \mu'), \qquad (\text{mod } 2),$$

car elles se transforment l'une dans l'autre par la substitution

$$\begin{vmatrix} 1, & 0, & 0 \\ \frac{\lambda' - \lambda}{2}, & 1, & 0 \\ \frac{\mu' - \mu}{2}, & 0, & 1 \end{vmatrix}.$$

Les quatre types restant se réduisent eux-mêmes aux deux seuls (0, 0) et (1, 1). Il y a donc seulement deux classes de symétries, les types en sont :

$$S_0 = \begin{vmatrix} -1, & 0, & 0 \\ 0, & 1, & 0 \\ 0, & 0, & 1 \end{vmatrix}, \qquad \text{et} \qquad S'_0 = \begin{vmatrix} -1, & 0, & 0 \\ 1, & 1, & 0 \\ 1, & 0, & 1 \end{vmatrix}.$$

Les formes qu'elles laissent inaltérées sont respectivement

(1) $$ax^2 + by^2 + 2gyz + cz^2,$$

(2) $$ax^2 + (2k - g)y^2 + (2h - g)z^2 + 2gyz + 2hzx + 2kxy.$$

Donc, *pour qu'une forme quadratique ternaire indéfinie admette des symétries dans son groupe reproductif, il faut et il suffit qu'elle soit équivalente à l'une des formes* (1) *ou* (2), *où* $bc - g^2$ *doit être négatif pour que l'axe de symétrie coupe la conique en des points réels.*

Les substitutions S_0 et S'_0 sont, au signe près, les mêmes que les substitutions S_4 et S'_4 de période *deux* du Mémoire de Poincaré. On pouvait le prévoir, car on peut ramener les symétries à avoir leur déterminant positif, et alors tous les raisonnements du Mémoire sont valables; il suffit pour cela de prendre α, β, γ, δ purement imaginaires avec toujours

$$\alpha\delta - \beta\gamma = 1.$$

Poincaré avait d'ailleurs signalé le rôle de S_4 comme symétrie.

On possède alors le critérium cherché, au moins pour les cas très étendus où, d'après A. Meyer, chaque genre contient une seule classe; en effet, dans les formes (1) et (2), $bc - g^2$ est un diviseur du double du discriminant, et, la forme (b, g, c) pouvant être supposée réduite, il en résulte des limites pour ses coefficients et par suite pour h, k, a; on aura donc seulement à voir si, parmi les formes en nombre limité ainsi obtenues, il y en a une de même genre que la forme donnée. On n'appliquera d'ailleurs cette méthode que si l'on n'aperçoit pas une représentation des nombres -1 ou -2 par la forme, car c'est là, par des formules d'Hermite, une condition *suffisante* de l'existence de symétries.

GÉODÉSIE. — *Contribution à l'étude de la déformation terrestre.* Note (1) de M. A. **Romieux**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans une Note précédente (2), je signalais le fait numérique, tiré des évaluations de MM. Penck et Supan, qu'il paraissait y avoir, dans la déformation terrestre, égalité entre cinq rapports caractéristiques, dont trois étaient :

$\dfrac{S_e}{\sigma_e}$ $\begin{cases} S_e = \text{superficie de la surface d'équidéformation } (-p_e, \text{ sa cote}); \\ \sigma_e = \text{base de l'équivolume premier continental (équiremblai)}; \end{cases}$

$\dfrac{V}{B_e}$ $\begin{cases} V = \text{volume des mers } [V = S_e(p_e + \alpha_v)]; \\ B_e = \text{équivolume premier (continental = océanique)}; \end{cases}$

$\dfrac{\Delta_t}{D}$ $\begin{cases} \Delta_t = \text{densité des terres (moyenne) (voir ci-après)}; \\ D = \text{densité des mers (moyenne)}. \end{cases}$

---

(1) Présentée dans la séance du 23 juin 1913.

(2) *Comptes rendus*, séance du 22 décembre 1890.

En 1895, M. H. Wagner (*Areal und mittlere Erhebung*) montra qu'il fallait abandonner les deux autres, faussés par leurs données mêmes. Mais ses nombres ([1]) confirment que, comme je l'avais annoncé :

1° $\frac{V}{S_e} = \frac{B_e}{\sigma_e}$, fait qui ne résulte d'aucune nécessité géométrique intrinsèque (car V est la quantité arbitraire d'eau versée par le refroidissement dans le vase *Terre*) et qui indique un rôle barydynamique des mers dans la conformation du vase;

2° $VD = B_e\Delta_t$, c'est-à-dire égalité entre le poids des mers et le poids d'un équivolume premier rocheux; on obtient

$$\Delta_t = 2,3723,$$

si l'on prend

$$D = 1,028,$$

et 2,3967, si l'on corrige 1,028 de la compressibilité de l'eau; alors que Legendre a admis 2,5, moyenne minéralogique évidemment ronde, que la dilatation géothermique sur une épaisseur corticale supposée de 6 myriamètres induirait à ramener vers 2,44 et l'existence des vides de texture, structure, rupture, un peu plus bas encore; alors aussi que M. Roche a présenté le chiffre 2,1.

Soit la lithosphère primitive, hypsographiquement plane, en travail de déformation jusqu'à la profondeur E. Dans ce schéma naissent deux équivolumes : l'un, déblai, nivelé sur l'aire $S_e - \sigma_e$ du voussoir océanique; l'autre, remblai, nivelé sur l'aire σ_e du voussoir continental. Soient Δ et δ les densités rocheuses moyennes respectives des voussoirs.

Demandons la modalité de l'équilibre à une loi garantissant à la fois :

a. Même densité (roches et eau) moyenne dans les deux voussoirs;

b. Même pression moyenne à leur base (c'est-à-dire en E);

c. Pour l'évolution morphogénique en plan et en relief, le maximum de liberté compatible avec la sauvegarde de *a* et *b*.

Soit U la portion de V qui s'étale sur l'équiremblai tant que $\frac{B_e}{\sigma_e} \leqq \frac{V}{S_e}$. L'équation aux moyennes densités se confond alors, parce que

$$\frac{V}{S_e} = \frac{B_e + U}{\sigma_e},$$

([1]) Confirmés quant aux superficies par les calculs de M. Baldit (1906), sauf un très léger désaccord local, sans conséquences ici.

avec celle aux moyennes pressions et peut s'écrire

$$\frac{VD - (\sigma_e E + B_e)(\Delta - \delta)}{S_e} = \frac{B_e \Delta + UD - (\sigma_e E + B_e)(\Delta - \delta)}{\sigma_e},$$

où $U \geqq 0$.

Pour satisfaire à c, il faut et il suffit que constamment

$$(1) \qquad VD = B_e \Delta + UD = (\sigma_e E + B_e)(\Delta - \delta).$$

Si $\frac{B_e}{\sigma_e} > \frac{V}{S_e}$, la compatibilité de a, b, c cesse. Le besoin d'accroître B_e, afin d'absorber la surampleur grandissante, doit donc se conformer dans tout le processus à $(\sigma_e E + B_e)(\Delta - \delta) = VD$ et tendre vers un équilibre réglé par les conditions limites $\frac{B_e}{\sigma_e} = \frac{V}{S_e}$ et $B_e \Delta = VD$: tant que celui-ci pourra durer, phase physiologique d'équilibre; quand les variantes de formes compatibles avec lui ne suffiront plus à absorber la surampleur, spasme pathologique du déferlement.

Cet équilibre existerait actuellement, et la densité Δ_t déduite des supputations géographiques serait Δ, densité rocheuse moyenne du voussoir océanique seul.

On tire aisément de là que, si $\Delta - \delta = 0,20$, $0,15$, $0,10$, $0,05$, $0,01$, E a pour valeurs respectives environ 28, 38, 58, 121, 665^{km}. Or, ce qu'on sait du degré géothermique porte à estimer la température à environ 2000° vers 60^{km} à 70^{km}, 3500° vers 120^{km}. Si $E = 120^{km}$, la densité de Legendre paraît à ramener vers 2,39 ou même 2,35.

Notre théorie conserve à chaque voussoir la densité (roches et eau) et la pression à la base moyennes d'avant la déformation. Mais, dans la réalité, il y a perturbation de l'une et de l'autre, due à ce que la déformation a transporté une portion $(S_e - \sigma_e)\alpha_v$ du volume marin V du domaine océanique au domaine continental, où est immergée la zone hypsographiquement littorale de 0^m à $-p_e$. De là, pour les voussoirs océanique et continental respectivement :

1° Excès, et défaut, de densité, et anomalies moyennes de g_0 évaluables à $+0^m,000530$ et à $-0^m,000686$; si l'on assimile ces nombres à des écarts probables, il y a plus de 999 chances sur 1000 que les anomalies maxima ne dépassent pas $+0^m,00265$ et $-0^m,00340$; or les maxima connus en 1900 (commandant Bourgeois) étaient environ $+0^m,00283$ et $-0^m,00262$, exceptionnellement $+0^m,00326$ et $-0^m,00498$;

2° Défaut $-\alpha_v D$, et excès $+\alpha_v(\Delta - D)$, de pression moyenne à la base; mais la surcharge aqueuse est concentrée, en fait, sur la base $0,2\,\sigma_e$ de la

paroi raide sous-marine (de $-\alpha_v$ à $-p_e$) du voussoir continental réel : elle y concourt, avec l'accumulation des sédiments (voir ma Note de 1890, *in fine*), au lent mouvement de bascule creusant les géosynclinaux et lui sert de régulateur, automatique parce qu'hydraulique.

La courbe géhypsographique de H. Wagner recèle encore :

1° Une foule de relations suggestives entre les coordonnées de ses points caractéristiques;

2° Avec une forte approximation, les égalités fécondes

$$(2) \qquad \frac{V}{B_e} = \frac{B_e}{v_m} = \frac{v_m}{\beta} = \frac{\beta}{\beta_m} = 1 + \frac{\beta}{\beta_e}, \qquad \text{donc aussi} = \frac{S_e}{\sigma_e} = \frac{\Delta}{D};$$

$$(3) \qquad v_e = \beta_e,$$

égalité, d'un voussoir à l'autre, entre équivolumes seconds. [β_m et v_m, équivolumes définis par l'altitude et la dépressitude moyennes des terres émergées et des mers; β, volume de ces terres; β_e et v_e, volumes d'équidéformation seconde (c'est-à-dire propre à chaque voussoir) continentale et océanique]. Faut-il n'y voir que hasard? Ils sont trop simples, trop bien ordonnés. Il y en a trop.

PHYSIQUE. — *Électrisation par les rayons X* (1). Note de M. **C.-G. Bedreag**, présentée par M. Lippmann.

L'électrisation produite par les rayons X est une action complexe qui a donné des résultats contradictoires (2) et variables avec les conditions expérimentales; la figure 1 représente les charges et les vitesses de charge obtenues par l'action d'un faisceau cylindrique de rayons X sur une électrode en laiton, dans un appareil cylindrique en laiton, fermé par une paroi en verre et où l'on peut faire le vide; elle montre comment la charge, négative pour de grandes pressions, est nulle pour une pression faible (fonction de la distance de l'électrode à la paroi antérieure) et devient *positive* dans le vide avancé. Cette action est, en effet, fonction de plusieurs variables (nature du métal de l'électrode, différence de potentiel de contact entre l'électrode et les parois environnantes, ionisation du gaz, rayons secondaires venant des parois, etc.).

---

(1) *Annales scientifiques Université Jassy*, 1911.

(2) Hurmuzescu et Benoist, *Comptes rendus*, février 1896. — Righi, *Comptes rendus*, 1896. — Righi, *Il nuovo Cimento*, 1903.

Je me bornerai ici à l'examen du rôle propre dû au métal; on doit employer un seul métal, opérer dans le vide et dévier l'émission cathodique des parois [1] par un champ magnétique [2].

Appareil. — Un tube cylindrique en laiton de 12^{cm} de diamètre, 20^{cm} de longueur, muni à la partie antérieure d'une tubulure de $4^{cm},6$ de diamètre, 8^{cm} de longueur et

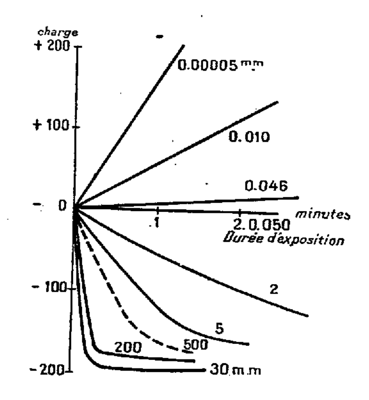


Fig. 1. — Variation de la charge et de la vitesse de charge en fonction de la pression en millimètres de mercure.

fermée par une plaque de verre de $2^{mm},5$ d'épaisseur; tout l'appareil est argenté intérieurement; l'électrode en argent est isolée par de la paraffine et maintenue dans une position invariable par des rondelles en ébonite; sa distance à la paroi antérieure est de 85^{mm}. La tubulure antérieure peut être placée dans un champ magnétique; le vide a été poussé jusqu'à $0^{mm},0001$ de mercure.

Expériences. — 1° A la pression atmosphérique, un faisceau *diffus* de rayons X ne produit pas de charge appréciable (0,003-0,006 volt), ce qui constitue une vérification de l'idée de MM. Benoist et Hurmusescu (*Comptes rendus*, 1896) : il n'y a pas de charge, s'il n'y a pas de différence de potentiel de contact. Un faisceau *cylindrique* de rayons X produit à la pression atmosphérique une charge négative, qui diminue quand la pression diminue progressivement et arrive à devenir nulle.

2° Dans le vide ($0^{mm},0002$), la courbe I de la figure 2 montre qu'un faisceau *diffus* de rayons X ne produit qu'une très faible charge positive; cette charge augmente dès qu'on place la tubulure antérieure de l'appareil dans un champ magnétique (courbe II); elle diminue en l'absence du champ; la diminution de la charge positive est produite par l'afflux de

(1) P. Curie et Sagnac, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1013.
(2) E. Dorn, *Abhand. d. naturf. Gesell. zu Halle*, Bd. XXII, 1900, p. 40-42.

rayons cathodiques venant de la paroi antérieure frappée par les rayons X.

3° Un faisceau *cylindrique* de rayons X produit dans le vide une charge positive (courbe III); cette charge augmente beaucoup quand on place la tubulure dans un champ magnétique (courbe IV); la charge tend vers un maximum quand on fait croître l'intensité du champ. Les différences de potentiel maxima obtenues jusqu'ici sont de l'ordre du volt.

4° A dureté constante des rayons X, les diagrammes expérimentaux

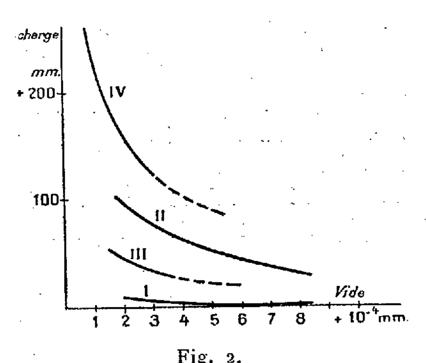


Fig. 2.

Courbe I : faisceau diffus, sans aimant.
Courbe II : faisceau diffus, avec aimant.
Courbe III : faisceau cylindrique, sans aimant.
Courbe IV : faisceau cylindrique, avec aimant.

montrent, pendant la plus grande partie du trajet, que les charges obtenues sont rigoureusement proportionnelles à la durée d'exposition

$$\frac{dQ}{dt} = +K.$$

Cette constante $+K$, proportionnelle à la section du faisceau, augmente avec le degré de vide; elle varie avec la dureté des rayons X : à partir d'une dureté 2-3 (radiochronomètre de M. Benoist) elle diminue quand la dureté augmente.

En faisant dévier complètement le faisceau cathodique issu de la paroi antérieure, on peut déterminer une valeur de cette constante caractérisant le métal de l'électrode; on a pour l'argent, par exemple,

$$K = C\frac{dV}{dt} = 0,21 \times 10^{-3}\ \text{U.E.S.}$$

C est la capacité du système récepteur, V est le potentiel atteint par l'électrode, pour une section du faisceau de $4^{cm^2},5$, un vide de $0^{mm},00015$ de mercure et une dureté des rayons 4 (radiochr. Benoist).

OPTIQUE. — *Nouveau dispositif pour l'examen des clichés stéréoscopiques.* Note [1] de M. **André Chéron**, présentée par M. Lippmann.

Quand on regarde dans un stéréoscope ordinaire, les yeux n'accommodent pas, l'accommodation étant remplacée par la convexité des lentilles des oculaires.

La vision, du moins pour les objets rapprochés (qui sont précisément les plus importants) ne se fait donc pas dans les mêmes conditions physiologiques que s'il s'agissait d'objets réellement situés dans l'espace. Il y a dissociation entre la convergence et l'accommodation, cette dernière se trouvant complètement supprimée.

De plus, la présence des oculaires et de leurs montures, dont les yeux n'arrivent jamais à faire complètement abstraction, nuit sensiblement à l'effet produit.

Enfin, les images stéréoscopiques sont fatalement petites, car la distance séparant

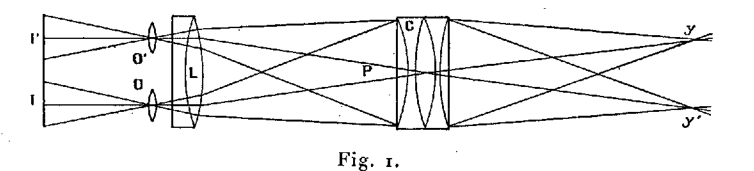


Fig. 1.

leurs centres ne doit pas être supérieure à l'écart des yeux. Le grossissement des oculaires et surtout la distance très courte à laquelle ils permettent de regarder les clichés remédient il est vrai, en partie, à ce dernier inconvénient, mais l'artifice est très perceptible; on se sent tout près de la plaque et la vision au stéréoscope n'est pas autre chose, après tout, qu'une vision binoculaire à la loupe.

Le dispositif dont la description va suivre se propose de remédier, dans la mesure du possible, à ces principaux inconvénients.

Il permet à chaque œil de regarder, à la distance de vision distincte, l'image correspondante d'un cliché stéréoscopique quelconque, les deux images étant projetées, agrandies et superposées sur un même plan. De telle sorte, les oculaires et leurs montures sont supprimés, l'accommodation se fait en même temps que la convergence et l'image est doublée ou triplée de diamètre.

Le procédé consiste essentiellement (*fig.* 1) à disposer un cliché positif pris avec un appareil stéréoscopique ordinaire, sur le plan focal de deux objectifs qui peuvent consister simplement en deux lentilles d'oculaires semblables à celles employées dans les

(1) Présentée dans la séance du 23 juin 1913.

stéréoscopes de modèle courant, chaque lentille servant d'objectif étant centrée sur l'axe passant par le centre de l'image correspondante.

Une lentille achromatique de diamètre suffisant pour recouvrir les deux objectifs est disposée en avant de ceux-ci. Dans ces conditions, cette lentille concentre et superpose sur son plan focal les deux images réelles projetées par les deux objectifs. Si le foyer de la lentille achromatique est double ou triple de celui des objectifs qu'elle recouvre, le diamètre des images projetées sera doublé ou triplé.

Pour que chaque œil puisse voir entière l'image réelle correspondante, il faut disposer sur le plan de projection et de superposition de ces images un condensateur formé, de préférence, de 4 ou 5 lentilles plan-convexe. Le foyer de ce condensateur doit être tel que les objectifs projetant les deux images soient, d'une part, au double de sa distance focale. Dans ces conditions, les rayons ayant formé l'image droite iront, du fait de ce condensateur, converger d'autre part, au double de sa distance focale, en un point où devra précisément se trouver l'œil droit de l'observateur. Il en sera de même des rayons ayant contribué à former l'image gauche qui iront converger, toujours au double de la distance focale du condensateur, en un autre point où devra se trouver l'œil gauche de l'observateur. Chaque œil voyant ainsi isolément l'image qui

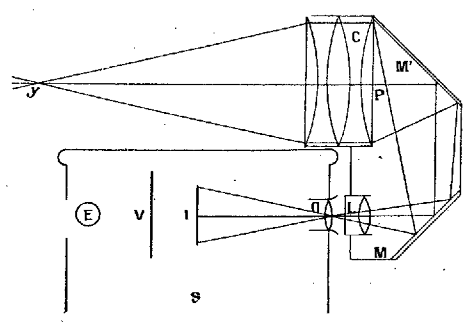


Fig. 2.

La figure 1 est un plan. — La figure 2 est une coupe de l'appareil ou de profil.
I, I', les deux images du cliché stéréoscopique; O, objectif droit; O', objectif gauche; L, lentille achromatique recouvrant les deux objectifs; C, condensateur; P, plan de formation et de superposition des deux images projetées; Y, œil droit; Y', œil gauche; M, M', miroirs; V, verre dépoli; E, lampe électrique; S, partie supérieure d'un stéréoscope classeur.

lui est destinée, le relief stéréoscopique est intégralement conservé. Les yeux convergent et accommodent comme s'il s'agissait d'objets réellement situés dans l'espace et comme aucune lentille, aucune monture d'oculaire n'est interposée entre les images projetées et l'observateur, celui-ci aperçoit une sorte d'image flottante, une image aérienne tout en ayant l'illusion du relief et de la perspective.

Quant à l'agrandissement des images, il faut reconnaître qu'il n'est réalisé qu'en apparence. En effet, si le diamètre des images projetées est bien réellement doublé ou triplé comme il a été dit ci-dessus, la distance à laquelle ces images sont regardées est augmentée dans les mêmes proportions. L'angle sous lequel les objets sont vus est donc à peu près équivalent à celui que donne un stéréoscope ordinaire. Toutefois, comme

nous l'avons déjà fait remarquer, la vision est rendue plus normale du fait de cet éloignement et les images ne sont plus regardées comme à la loupe.

Le dispositif ci-dessus serait pratiquement inutilisable tel qu'il vient d'être décrit. La longueur de l'appareil rendrait celui-ci beaucoup trop volumineux. On peut donc employer le dispositif suivant qui a été habilement réalisé par le constructeur, M. Jules Richard. Sur le couvercle d'un stéréoscope classeur de modèle courant, genre taxiphote, dont tout le mécanisme est conservé intact, on adapte un appareil (*fig.* 2) contenant, outre tous les organes ci-dessus décrits, deux miroirs argentés inclinés à 45° sur l'horizontal et à 90° l'un sur l'autre, de telle sorte que les rayons, après s'être réfléchis deux fois, sortent du condensateur en suivant un trajet parallèle à leur trajet primitif, d'où réduction considérable de l'encombrement. On examine alors très facilement les clichés stéréoscopiques en regardant dans la direction du condensateur, par-dessus le couvercle du taxiphote.

PHYSIQUE. — *Visibilité des traces de substances étrangères déposées sur une surface d'eau pure.* Note [1] de M. **Henri Labrouste**, présentée par M. E. Bouty.

L'étude des propriétés des couches d'huile d'une extrême minceur déposées sur l'eau a été faite par divers savants et a donné récemment lieu à une série de résultats très intéressants publiés par M. H. Devaux. Nous nous proposons de montrer dans la présente Note que de telles couches peuvent être optiquement décelées par des procédés divers, sans l'emploi d'aucun appareil spécial.

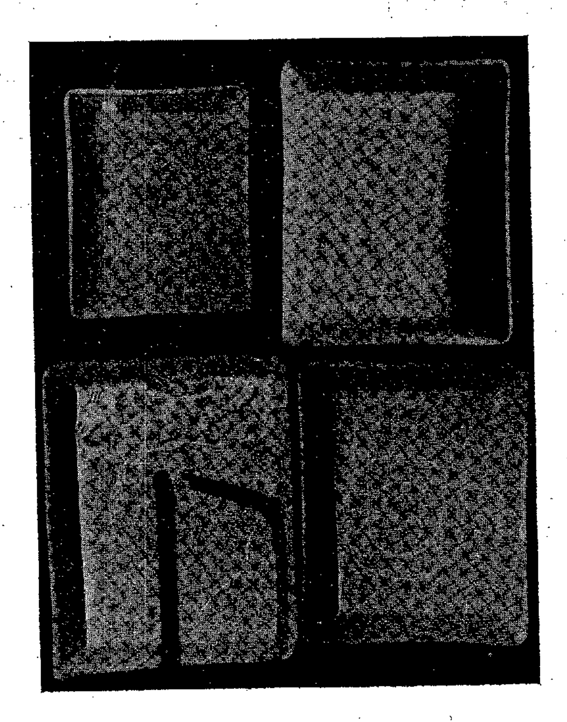
I. Nous déposons sur une surface d'eau pure, contenue dans une cuvette photographique ordinaire (porcelaine), une petite quantité d'huile (trioléine) un peu inférieure à celle qui correspond à une couche monomoléculaire de la substance. Nous éclairons la cuvette à l'aide d'une lampe Nernst située sur le côté et nous examinons le fond blanc de cette cuve lorsqu'on souffle *normalement* à la surface, au moyen d'un jet d'air comprimé. Nous observons sur le fond de la cuvette (*fig.* 1) : 1° une tache noire T produite par la dépression de la surface liquide sous le jet sortant du tube *t* (qui n'est pas au point sur la photographie), 2° *une circonférence brillante* C, ayant sette tache pour centre et limitant une région intérieure exempte d'huile.

Le mécanisme par lequel agit le jet gazeux est le suivant : ce dernier communique à la surface un mouvement radial centrifuge; les molécules d'huile sont entraînées vers

(1) Présentée dans la séance du 30 juin 1913.

la périphérie où elles forment une couche sensiblement monomoléculaire H, localisée en dehors d'un cercle à l'intérieur duquel il n'y a que des molécules d'eau. La circonférence brillante, limitant ces deux régions, provient d'un ménisque liquide dont la courbure produit une concentration de la lumière sur le fond de la cuvette.

Lorsqu'on cesse de souffler, on observe que le rayon de la circonférence C diminue; si la densité initiale de la couche d'huile est suffisamment inférieure à celle qui correspond à la couche monomoléculaire, cette circonférence s'évanouit avant que son rayon ne soit devenu nul. En réalité, l'ouverture primitivement pratiquée par le souffle



dans la lame d'huile met un temps appréciable à se refermer, comme le montre l'expérience suivante : Si l'on souffle, après un intervalle de temps de quelques secondes, en un endroit tout différent du premier, on constate que la première ouverture *réapparaît* et se referme complètement cette fois sous l'action du souffle qui agit pour ouvrir la surface au second endroit.

II. Déposons maintenant une masse d'huile notablement inférieure à la précédente. Soufflons dans ce cas obliquement et à partir d'un des angles de la cuvette : on observe, sur le fond, une bande grise diffuse BB′ (*fig.* 2), qui s'avance sous l'action du souffle; cette ombre fonce graduellement au fur et à mesure que l'ensemble des molécules d'huile, chassées par le souffle, acquiert une densité de plus en plus grande. A un certain moment, l'ombre devenue noire disparaît brusquement pour faire place à une ligne brillante (donnant un phénomène de même nature que celui qui a été décrit plus haut). Cette ombre est produite par des plissements de la surface, accentués vraisemblablement par des variations locales de tension superficielle.

III. Si l'on dépose sur la surface d'eau une masse d'huile notablement supérieure à celle qui correspond à la couche monomoléculaire, on n'observe plus ni ombre fonçant progressivement (II), ni ligne brillante (I).

IV. Au lieu d'employer le souffle, on peut utiliser d'autres procédés mécaniques : mouvement d'un fil paraffiné à la surface du liquide, jet d'eau tranquille arrivant normalement à la surface (*fig.* 3, ligne brillante L, L, L), etc. On obtient encore la ligne brillante, limitant la région grasse H, en déposant sur la surface une goutte de benzine G (*fig.* 4); on remarquera que la benzine ne dissout pas l'huile dans ces conditions.

V. Les huiles et les substances grasses ne sont pas les seules qui donnent naissance aux phénomènes précédents : on peut employer, par exemple, certains colloïdes (gomme-gutte débarrassée de substances grasses par lavage à l'éther); un grand nombre de liquides organiques ou même leurs vapeurs (d'une manière plus ou moins fugitive), comme l'heptane, l'éther, l'essence de térébenthine, etc.

En résumé, le procédé indiqué permet de connaître instantanément et à tout moment l'état de propreté d'une surface, sans emploi d'aucun appareil spécial et sans introduction, sur cette surface, d'aucune substance étrangère toujours susceptible de troubler les phénomènes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibre du sulfate de lithium avec les sulfates alcalins en présence de leur solution mixte jusqu'à* 100°. Note (1) de Mlle **Cécile Spielrein**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

En continuant l'étude (voir *Comptes rendus*, 1912, p. 346) des solubilités du sulfate de lithium dans l'eau en présence des sulfates alcalins jusqu'à 100°, on est arrivé aux résultats suivants :

1° *Sulfate de lithium-sulfate de sodium.* — On obtient, à 0°, un sel double de formule SO^4Li^2, SO^4Na^2. 5,5 H^2O.

Le sel double à cette température est compris entre deux points anguleux :

	I.	II.
SO^4Li^2	31,4	18,5
SO^4Na^2	5,9	11,4

Ce sel cesse d'exister à 16°.

Le domaine de son existence au-dessus de 0° est limité à 7°,5 par un point triple de composition : 20g,4 de SO^4Li^2 pour 11g,7 de SO^4Na^2 et à 16° par un autre point triple de 32g,2 de SO^4Li^2 pour 9g,3 de SO^4Na^2.

(1) Présentée dans la séance du 23 juin 1913.

Au-dessus de cette limite apparaît le sel double $SO^4Li^2.3SO^4Na^2.12H^2O$, qui existe jusqu'à 24° et qui cesse d'exister à cette température entre les deux points triples suivants :

	I.	II.
SO^4Li^2	26,0	16,5
SO^4Na^2	14,9	21,4

L'isotherme de 21° a permis de constater l'existence de ce sel [1]. La branche du sel double est comprise entre

	I.	II.
SO^4Li^2	29,5	16,8
SO^4Na^2	11,4	20,0

A 32°, aucun sel double ne paraît exister. Si, à cette température, un sel double existait, les points triples des différents sels en présence se confondraient pratiquement et l'isotherme de 32° relève seulement deux branches de courbe.

Par conséquent, s'il existait un sel double à cette température, son champ d'existence se réduirait à un point.

En recherchant les points triples, on constate l'existence d'un nouveau sel entre 24° et 32°.

Le point triple à 32° correspond à 20g de SO^4Li^2 et 16g,8 de SO^4Na^2; à 24°, les deux points mentionnés plus haut.

L'isotherme à 28° a permis de constater l'existence du sel double $4SO^4Li^2, SO^4Na^2. 5H^2O$.

Entre 32° et 100° existe un seul composé défini $SO^4Li^2, SO^4Na^2. 3H^2O$.

Les points anguleux des isothermes de 33°,5, 53° et 99° correspondent :

		I.	II.
A 33°,5	SO^4Li^2	25,8	14,4
	SO^4Na^2	13,9	21,8
A 53°	SO^4Li^2	28,0	16,7
	SO^4Na^2	16,6	27,3
A 99°	SO^4Li^2	27,4	14,4
	SO^4Na^2	14,4	25,1

Ce sel double présente un maximum de solubilité entre 53° et 63°.

La surface de ce système entre 0° et 100° présente une forme très compliquée, vu la solubilité différente des divers sels mis en présence.

---

[1] Dans la Note précédente, les nombres à 20° étant rapportés aux volumes de solution, on reproduira ici, pour chaque système, les nombres en poids comparativement à ceux donnés jusqu'à 100°.

2° *Sulfate de lithium-sulfate de potassium.* — Les isothermes de 20°, 60° et 98° ont montré l'existence du sel double SO^4Li^2, SO^4K^2 compris entre les points anguleux suivants :

		I.	II.
A 20°			
	SO^4Li^2	35,6	13,3
	SO^4Na^2	3,6	13,1
A 60°			
	SO^4Li^2	32,5	10,6
	SO^4Na^2	6,0	16,3
A 98°			
	SO^4Li^2	30,2	9,0
	SO^4Na^2	9,3	23,1

Jusqu'à 100° le seul composé défini $SO^4Li^2SO^4K^2$ existe.

3° *Sulfate de lithium-sulfate d'ammonium.* — Il existe pour ce système jusqu'à 100° un seul sel double SO^4Li^2, SO^4Am^2, entre les points limites :

		I.	II.
A 20°			
	SO^4Li^2	38,8	12,6
	SO^4Am^2	17,2	72,9
A 57°			
	SO^4Li^2	38,6	18,2
	SO^4Am^2	11,3	82,2
A 97°			
	SO^4Li^2	38,0	10,6
	SO^4Am^2	19,2	93,1

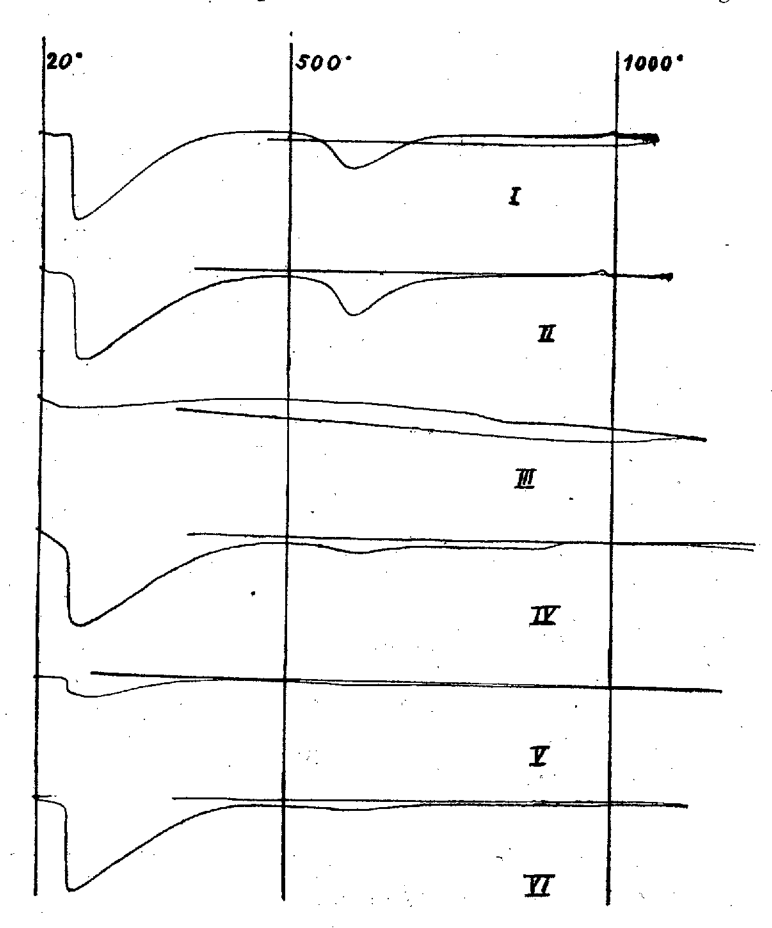
Ces trois isothermes de 20°, 57° et 97° viennent se superposer en projection horizontale et par suite leur solubilité reste sensiblement constante avec la température. Ce fait était déjà signalé.

Il faut conclure, d'après les travaux théoriques et expérimentaux de M. H. Le Chatelier sur la variation des équilibres, que la chaleur de dissolution du sel double SO^4Li^2, SO^4Am^2 est nulle à toutes les températures, puisque sa solubilité est constante avec la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermique des argiles.* Note de M. **Ruby Wallach**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les roches plastiques, les argiles, sont le plus souvent constituées par un mélange de kaolinite, de mica blanc et de quartz. Mais toutes les argiles ne

présentent pas cette composition; certaines d'entre elles renfermeraient, d'après les recherches de G. Vogt et de M. Lavezard, un silicate plus riche en silice combinée que la kaolinite. Il nous a semblé possible d'apporter une contribution utile au problème de la constitution des argiles en étu-



I. Kaolin. — II. Terre de Cézanne (argile pure). — III. Mica blanc. — IV. Argile de Fresnes. V. Argile de Salernes. — VI. Glauconie.

diant, par les méthodes de l'analyse thermique, les conditions de leur déshydratation. La température de départ de l'eau combinée est une propriété spécifique des silicates définis et doit pouvoir servir à les identifier dans des mélanges.

On s'est servi du galvanomètre double Le Chatelier-Saladin; la soudure du couple (platine-platine rhodié) était en contact direct avec la substance. Cette dernière, agglomérée au moyen d'un peu d'eau, était progressivement chauffée jusqu'à 1150°

dans un four à résistance électrique. Un rhéostat intercalé dans le circuit permettait de faire varier la vitesse d'échauffement. Les courbes reproduites ici, qui ont été obtenues par enregistrement photographique, donnent en abscisse la température de la substance et en ordonnée la différence entre cette température et celle de l'intérieur du four.

Les courbes relatives au kaolin et à l'argile pure (terre de Cézanne) montrent, en dehors de l'absorption de chaleur résultant de l'évaporation de l'eau de gâchage vers 100°, une seconde absorption correspondant à la déshydratation proprement dite, qui commence vers 450° et se termine invariablement à 600°. C'est le point déjà connu de déshydratation de la kaolinite, $2SiO^2Al^2O^3.2H^2O$. On constate enfin, entre 900° et 1000°, un léger dégagement de chaleur, constaté antérieurement par M. Le Chatelier et attribué par lui à la transformation de l'alumine. On sait que l'alumine fortement calcinée devient insoluble dans les acides.

Le mica blanc, Muscovite, présente de même une absorption de chaleur due au départ de l'eau de constitution. La déshydratation se fait d'autant plus rapidement que la pulvérisation a été plus parfaite et elle se termine invariablement vers 840°. Les cristaux se conservent sans altération apparente.

L'argile de Fresnes présente à l'échauffement deux temps d'arrêt distincts, à des températures voisines de celles de la kaolinite et du mica. On ne saurait cependant en conclure à la présence de ces deux combinaisons, car cette argile renferme près de 4^{mol} de silice combinée pour 1 d'alumine, c'est-à-dire deux fois plus que chacun de ces deux silicates.

La glauconie et l'argile de Salernes se distinguent des matières précédentes par la petitesse du phénomène calorifique qui accompagne leur déshydratation.

Enfin des expériences analogues faites sur des silicates de magnésie hydratés, la stéatite et la magnésite, n'ont mis en évidence aucun point critique suffisamment net.

CHIMIE MINÉRALE. — *Acétylacétonates de cérium.* Note de MM. **André Job** et **Paul Goissedet**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les acétylacétonates des terres rares ont d'abord été préparés par M. Urbain, qui avait en vue la séparation des éléments de ce groupe. Pour le cérium il a simplement signalé un acétylacétonate céreux basique, qui

résultait de la réaction de l'hydrate céreux sur l'acétylacétone. Après lui, Wilhelm Biltz a obtenu un acétylacétonate céreux normal et cristallisé en traitant le nitrate céreux ammoniacal par une solution ammoniacale d'acétylacétonate d'ammoniaque. Il le décrit comme un composé jaune qui, séché à l'air, se dissout dans l'alcool avec une coloration rouge brun. Il a essayé aussi, mais en vain, de préparer l'acétylacétonate cérique, et il attribue son insuccès à la facile réduction de ce composé. L'intérêt qui s'attache aux acétylacétonates est tel que nous avons cru devoir revenir sur cette question.

Tout d'abord il nous a paru évident que la coloration brune de l'acétylacétonate céreux dissous dans l'alcool était le signe d'une oxydation. On le démontre aisément en le séchant et en le dissolvant à l'abri de l'air. La liqueur est alors presque incolore. Mais si on l'agite en présence d'oxygène, elle prend très rapidement, surtout à chaud, une coloration rouge sang très intense. La solution benzénique présente le même caractère, avec cette particularité qu'en s'oxydant elle se coagule en une sorte de gelée solide. Ces solutions rouges se conservent assez bien quand on ne les expose pas à la lumière. La réduction du composé oxydé n'est donc pas si rapide qu'on ne puisse espérer l'obtenir.

Nous avons réussi, en effet, à préparer l'acétylacétonate cérique, mais en revenant à la méthode d'Urbain. L'hydrate cérique est mis en suspension dans l'eau ; on ajoute un excès d'acétylacétone et l'on agite. La masse brunit. Au bout de quelques jours, des aiguilles cristallines d'un rouge très foncé se développent. Nous avons séparé ces aiguilles de l'hydrate en excès par centrifugation et nous en avons fait l'analyse (1). Elle correspond à l'acétylacétonate cérique normal CeR^4 avec 11^{mol} d'eau :

$$\begin{matrix} & CH^3-CO-CH-CO-CH^3 & \\ \left.\begin{matrix}CH^3CO\\ CH^3CO\end{matrix}\right\rangle CH- & Ce & -CH\left\langle\begin{matrix}CO-CH^3\\ CO-CH^3\end{matrix}\right. \\ & CH^3-CO-CH-CO-CH^3 & \end{matrix} \quad +11H^2O.$$

On peut purifier encore le produit en le desséchant dans le vide et en le

(1) On déterminait le carbone et l'hydrogène par combustion et le cérium par pesée de l'oxyde CeO^2 après transformation en sulfate pour éviter des pertes d'acétylacétonate par volatilisation.

	Carbone pour 100.	Hydrogène pour 100.	Cérium pour 100.
Trouvé	32,1	7,01	19,21
Calculé	32,7	6,81	19,17

dissolvant dans le tétrachlorure de carbone. On obtient alors par évaporation des cristaux noirs d'éclat métallique. C'est l'acétylacétonate cérique anhydre (¹) CeR^4. Ces cristaux sont très fragiles, et, en se brisant, donnent une poudre brune. Leur point de fusion instantanée au bloc Maquenne est 171°-172°. Si on les chauffe un peu au delà de cette température, ils fusent par suite d'une combustion brusque de la molécule aux dépens de l'oxygène cérique.

L'acétylacétonate cérique est très peu soluble dans l'eau. Sa solution est d'ailleurs fortement hydrolysée et n'est stable qu'en présence d'un excès d'acétylacétone. C'est ce qui explique l'insuccès de Biltz opérant en milieu ammoniacal et le succès de la méthode d'Urbain, qui met en jeu un excès d'acétylacétone libre. Le composé anhydre est soluble dans la plupart des solvants organiques (alcool, acétate d'éthyle, éther, chloroforme, tétrachlorure de carbone, bromure d'éthylène, benzine, essence de térébenthine, etc.). Toutes ces liqueurs sont fortement colorées en rouge sang, même à la dilution de 1 pour 100. La solution est stable quand le solvant n'est pas oxydable. Mais, si peu qu'il le soit, il y a réduction plus ou moins rapide de l'acétylacétonate cérique, qui revient à l'état céreux. Ainsi, la solution dans l'essence de térébenthine se décolore rapidement à la lumière. La solution dans l'alcool est également très sensible. On peut le montrer par une expérience assez frappante en utilisant une réaction colorée de l'acétylacétonate céreux qui a été signalée par Biltz. L'acétylacétonate céreux, au sein de l'alcool, réduit le chlorure d'or, et donne une belle coloration d'un rouge sombre analogue au pourpre de Cassius. Préparons une dissolution d'acétylacétonate cérique dans l'alcool et additionnons-la de chlorure d'or. Si elle est bien exempte de produit céreux, il n'y a d'abord aucune réaction. Mais il suffit d'éclairer la liqueur pour que l'acétylacétonate céreux se manifeste par l'apparition du colloïde pourpre.

Les solutions du produit pur anhydre dans la benzine et dans le bromure d'éthylène se prêtent à la cryoscopie. Mais les résultats obtenus sont inférieurs d'environ 7 pour 100 au poids moléculaire calculé (²). Il reste à trouver la raison de cette anomalie.

(¹) Cérium pour 100 : trouvé, 26,16; calculé, 26,15.

(²) Exemple de cryoscopie dans la benzine :

Poids de solvant	26,08
Substance dissoute	2,948
Abaissement	1°,134
Poids moléculaire trouvé	498
Poids moléculaire calculé	536

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dicétones obtenues par l'action des bibromures de xylylène sur l'isopropylphénylcétone sodée et leur dédoublement au moyen de l'amidure de sodium.* Note de M. **Dumesnil**, présentée par M. A. Haller.

MM. Haller et Bauer ont démontré (¹) qu'il était possible de préparer les amides de formule

$$\left.\begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}\right> C - CONH^2$$

par l'action de l'amidure de sodium sur les cétones mixtes

$$\left.\begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}\right> C - CO - Ar.$$

Dans une Note précédente (²) nous avons fait connaître quelques amides benzyldialcoylacétiques préparées par cette méthode, et les acides correspondants.

Il était vraisemblable qu'une réaction analogue se produirait en faisant réagir l'amidure de sodium sur les dicétones de formule

$$\begin{array}{c}RR\\ Ar - CO - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CH^2 - C^6H^4 - CH^2 - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CO - Ar,\\ R'R'\end{array}$$

et que nous obtiendrions les diamides

$$\begin{array}{c}RR\\ NH^2 - CO - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CH^2 - C^6H^4 - CH^2 - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CO - Ar.\\ R'R'\end{array}$$

Nos prévisions se sont réalisées et nous ont permis de préparer quelques produits encore inconnus.

I. *Préparation de l'ortho-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène*

$$\begin{array}{c}CH^3CH^3\\ C^6H^5 - CO - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CH^2 - C^6H^4 - CH^2 - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CO - C^6H^5.\\ CH^3CH^3\end{array}$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 21.
(²) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 111.

On introduit dans un ballon de 750^{cm^3}, 375^{cm^3} de benzène pur anhydre, 75^g d'isopropylphénylcétone et 20^g d'amidure de sodium finement pulvérisé. On adapte au ballon un réfrigérant à reflux et l'on chauffe 4 heures au bain-marie. Le dérivé sodé ainsi obtenu on ajoute alors par petites portions 70^g de bromure d'orthoxylylène pulvérisé et l'on chauffe encore 4 heures. Après refroidissement, le produit de la réaction est traité par l'eau afin de dissoudre le bromure de sodium formé. La solution benzénique qui surnage est lavée avec de l'acide chlorhydrique à 5 pour 100, avec de l'eau distillée et séchée sur du sulfate de soude anhydre. On chasse la benzine et on abandonne le produit à lui-même; au bout de quelques semaines on obtient une masse cristalline solide qui est purifiée par des cristallisations successives dans l'alcool à 60°.

L'ortho-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène se présente sous la forme de petits cristaux blancs fusibles à 68°.

Il donne une dioxime fusible à 240° et très peu soluble dans l'alcool, même bouillant.

En remplaçant, dans la réaction décrite ci-dessus, le bromure d'orthoxylylène par le bromure de paraxylylène, on obtient le para-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène en fines aiguilles blanches fusibles à 113°.

La dioxime correspondante fond à 278°.

Enfin, le bromure de métaxylylène donne, dans les mêmes conditions, avec l'isopropylphénylcétone sodée, le méta-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène. Ce sont de gros cristaux blancs, fusibles à 44°.

La dioxime correspondante fond à 210°.

II. *Préparation de l'amide de l'acide orthoxylylène-bis-diméthylacétique*

$$NH^2-CO-\underset{CH^3}{\overset{CH^3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH^2-C^6H^4-CH^2-\underset{CH^3}{\overset{CH^3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CO-NH^2.$$

Dans un ballon de 500^{cm^3}, on introduit 150^{cm^3} de xylène ordinaire, 30^g d'ortho-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène et 15^g d'amidure de sodium finement pulvérisé. On adapte un réfrigérant à reflux et l'on chauffe 3 heures au bain d'huile à 150°. Après refroidissement, on décompose par l'eau l'amidure de sodium en excès et l'on recueille le produit insoluble qui s'est formé. On le dissout dans 100^{cm^3} d'alcool à 60°, additionné de 2 pour 100 d'acide chlorhydrique, et l'on chauffe au bain-marie pendant 2 heures. Le tout est alors additionné de 4^{vol} d'eau et l'amide cherchée se précipite. On la purifie par cristallisation dans l'acide acétique.

C'est un solide blanc, bien cristallisé, fondant à 130°.

Traités de la même façon, le para-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène et le méta-di-(méthyl-2-benzoyl-2-propyl)-benzène donnent respectivement *l'amide de l'acide para-xylylène-bis-diméthylacétique* en petits cristaux blancs

fusibles à 238°, et *l'amide de l'acide méta-xylylène-bis-diméthylacétique* en aiguilles blanches fusibles à 162°.

III. Les amides ci-dessus, chauffées en tube scellé à 150°, pendant 6 heures, avec de l'acide sulfurique à 50 pour 100, donnent les acides correspondants de formule

$$COOH-\underset{CH^3}{\overset{CH^3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH^2-C^6H^4-CH^2-\underset{CH^3}{\overset{CH^3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-COOH.$$

L'acide ortho fond à 135°.
L'acide para fond à 217°.
L'acide méta fond à 155°.
Ils sont tous trois blancs et bien cristallisés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de quelques alcools secondaires α-éthyléniques en présence du nickel.* Note de M. **Roger Douris**, présentée par M. A. Haller.

On sait que dans certaines hydrogénations catalytiques en présence du nickel, la température relativement élevée de l'expérience provoque des réactions parasites qui font dévier la réaction principale, de sorte que celle-ci ne se présente pas toujours avec le caractère de simplicité observé dans un grand nombre d'autres cas. C'est ainsi que l'hydrogénation des cétones offre parfois quelque résistance; en effet le nickel effectue la réaction inverse à une température peu éloignée de celle où il a sa plus grande activité, comme l'ont montré, dès le début, MM. Sabatier et Senderens (1). M. Darzens (2) a même pu, en présence d'hydrogène, transformer des cétones non saturées en cétones saturées, sans changer la fonction cétonique en alcool secondaire, avec assez de régularité pour présenter cette transformation comme un moyen d'obtenir des cétones saturées. D'autres auteurs ont signalé des phénomènes semblables. Je me suis demandé s'il ne serait pas possible, dans l'hydrogénation des alcools éthyléniques, d'obtenir les

(1) P. Sabatier et P. Senderens, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. IV, 1905, p. 395.
(2) Darzens, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 152.

cétones saturées correspondantes par un processus de réactions équivalant à une véritable isomérisation :

$$R.CH = CH.CHOH.R' = R.CH^2.CH^2.CO.R.$$

A ma connaissance, la seule isomérisation qui ait été signalée est due à MM. Sabatier et Senderens : en faisant passer l'alcool allylique sur du cuivre réduit chauffé entre 180° et 330°, ils l'ont transformé en aldéhyde propionique. Malheureusement, cette intéressante réaction, qui permettrait de préparer des aldéhydes par isomérisation, n'a pu être généralisée à cause de la difficulté de se procurer des alcools primaires éthyléniques. Par contre il est relativement aisé de se procurer des alcools secondaires éthyléniques des types $CH^2 = CH.CHOH.R$ et $CH^3.CH = CH.CHOH.R$ en condensant les alcoyls magnésiens halogénés de M. Grignard avec l'acroléine et l'aldéhyde crotonique.

Il suffisait, pour réaliser l'isomérisation projetée, de trouver une température telle que la liaison éthylénique fût comblée par fixation d'hydrogène, tandis que la fonction alcool secondaire serait changée en fonction cétone par perte d'hydrogène. L'expérience faite vers 200° avec le propénylisoamylcarbinol $(CH^3)^2.CH - CH^2.CH^2.CHOH - CH = CH - CH^3$, le vinylisobutylcarbinol $(CH^3)^2.CH.CH^2.CHOH - CH = CH^2$ et le propénylcyclohexylcarbinol $C^6H^{11}.CHOH - CH = CH - CH^3$ a vérifié ces prévisions. De plus, j'ai obtenu en même temps les carbures saturés correspondant aux alcools employés, ce qui laisse supposer qu'à côté de la transformation en acétone par perte de H^2, il y a aussi transformation, soit de l'alcool secondaire primitif, soit de l'alcool secondaire saturé en carbure diéthylénique ou en carbure monoéthylénique qui fixeraient ensuite de l'hydrogène.

$$R.CH = CH-CHOH.CH^2.R' \rightarrow R.CH = CH-CH = CH-R' \rightarrow R.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2R,$$
$$\downarrow$$
$$R.CH^2.CH^2.CHOH.CH^2.R \rightarrow R.CH^2.CH^2-CH = CH.R' \rightarrow R.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2R.$$

En fait, comme les alcools éthyléniques se déshydratent partiellement lorsqu'on les soumet à la distillation à feu nu, la première opinion l'emporte en vraisemblance.

On réalise ces expériences en faisant passer le produit à la température de 195° ou 200° sur du nickel réduit de l'oxyde au-dessous de 270°; on observe une absorption d'hydrogène régulière, mais faible; le liquide qui s'écoule forme deux couches : l'inférieure aqueuse, la supérieure très mobile, très odorante, ne ressemblant en rien au produit sirupeux primitif, ne décolorant plus le brome comme ce dernier. Le fractionnement indique un mélange de carbure et de cétone.

Des alcools employés, le premier avait été préparé par M. Grignard (¹); je me suis procuré les deux autres par sa méthode. Le vinylisobutylcarbinol

$$(CH^3)^2.CH - CH^2.CHOH - CH = CH^2$$

(action de l'acroléine sur le bromure d'isobutylmagnésium) est un liquide odorant sirupeux : ébullition 54°-55° sous 12^{mm}; $d_4^0 = 0,8426$, $d_4^{15} = 0,8306$; le propénylcyclohexylcarbinol $C^6H^{11}.CHOH.CH = CH - CH^3$ (action de l'aldéhyde crotonique sur le bromure de cyclohexylmagnésium) est un liquide sirupeux incolore, d'odeur faible mais persistante et désagréable, qui n'a pu être obtenu exempt de dicyclohexyle. Il bout vers 112°-114° sous 18^{mm}.

Ces divers alcools ont fourni les cétones suivantes :

1° La propylisoamylcétone $C^3H^7.CO.C^5H^{11}$ (iso); ébullition 177°-179°; $d_4^0 = 0,8362$; $d_4^{21} = 0,8205$. Semicarbazone fondant à 107°. Cette cétone a été identifiée avec celle obtenue par oxydation chromique du propylisoamylcarbinol $C^3H^7.CHOH.C^5H^{11}$ (iso), alcool encore inconnu que j'ai obtenu par l'action de l'aldéhyde butylique sur le bromure d'isoamylmagnésium. Cet alcool bout à 184°-186° sous 760^{mm}; $d_4^0 = 0,8335$; $d_4^{16} = 0,8199$;

2° L'éthylisobutylcétone $CH^3.CH^2.COCH^2.CH(CH^3)^2$, déjà connue; ébullition 134°-135°. Semicarbazone fusible à 129°;

3° La propylcyclohexylcétone, qui n'a pu être séparée du carbure formé en même temps; sa semicarbazone fond à 155°.

Les fractions de tête contiennent les carbures qui n'ont pas pu être isolés à l'état pur, sauf le butylcyclohexane, qui prédomine dans l'hydrogénation du propénylcyclohexylcarbinol; ce carbure bout à 178°-182°; $d_4^0 = 0,8305$; $d_4^{20} = 0,8178$.

ARCHÉOLOGIE. — *Analyse de résidus de vases gallo-romains et d'un vase à parfums, trouvés dans un puits funéraire de la Vendée.* Note de MM. **Marcel Baudouin** et **Louis Reutter**.

L'un de nous, M. Marcel Baudouin, a fouillé, en 1903, au Bernard (Vendée), un puits funéraire de l'époque gallo-romaine, datant, selon toutes les probabilités, du IIIe siècle environ après Jésus-Christ. Il en a retiré un certain nombre de vases, soit entiers et intacts, soit détériorés ou brisés, contenant des résidus résineux (²).

M. Haller, analysant rapidement quelques-uns de ces résidus, avait

(¹) Grignard, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XXIV, 1901, p. 465.

(²) Marcel Baudouin et G. Lacouloumère, *Découverte et fouille d'un nouveau puits funéraire* (n° XXXII) *à la nécropole gallo-romaine de Troussepoil, au Bernard* (*Vendée*) (*IIIe Congrès préhistorique de France*, Autun 1907, Paris 1908, p. 828-909. Tiré à part, Paris, in-8°, 1908, 82 pages, 41 figures dont 3 planches hors texte).

conclu qu'ils devaient provenir de vases ayant renfermé du *vin aromatisé*, à la mode romaine, ainsi qu'il appert des descriptions des auteurs anciens.

Récemment, l'un de nous, M. le Dr L. Reutter, entreprit l'*analyse qualitative* de ces résidus résineux, selon des méthodes qu'il a déjà fait connaître, et obtint les résultats suivants, différents les uns des autres.

Les uns correspondent à des vases ayant contenu du VIN, qui est reconnaissable à la présence du *sucre;* des *tartrates*, des *sulfates* et des *chlorures de potasse*, de *soude* et de *chaux;* les autres à des vases ayant servi à contenir des PARFUMS OU AROMATES.

La première catégorie de ces vases renfermait en outre :

1° Du *styrax*, pour les résidus nos I et III;

2° De la *résine de térébenthine*, pour les résidus nos I, II, III et V;

3° De l'*asphalte* ou *bitume de Judée*, pour les résidus nos I, II, III et V;

4° De l'*encens* ou une *résine à mucilage*, pour les résidus nos II et III.

La seconde catégorie de ces vases, à *parfums*, dont un seul renfermait la substance nécessaire à une analyse, contenait des aromates, formés d'un mélange de styrax, de résine, de térébenthine et d'asphalte ou bitume de Judée.

Le *styrax* fut décelé par la présence de l'acide cinnamique et de la vanelline; l'*encens* ou *résine à mucilage* par la présence d'un corps mucilagineux, soluble dans l'eau, qui se précipitait par addition d'alcool. Pour la *résine de térébenthine*, en évaporant la solution éthérée provenant de la dissolution de ces masses résineuses dans l'éther; et, en chauffant le résidu, soit à sec, soit à l'aide de potasse caustique, on obtenait un fort dégagement d'odeur térébenthinée. Ces substances donnèrent en outre les réactions caractéristiques et spécifiques à chacune de ces résines.

L'*asphalte*, ou *bitume de Judée*, presque insoluble dans l'eau, l'éther, l'alcool, se dissout facilement dans le chloroforme et le sulfure de carbone, en donnant des couleurs rouge-brunâtres.

Ces solutions évaporées abandonnent un résidu d'odeur bitumineuse particulière. Ce dernier, fondu avec de la potasse caustique, donnait un corps blanc, en partie soluble dans l'eau, qui, acidulée, émettait des gaz d'hydrogène sulfuré, preuve évidente de la présence du soufre, qui est une des caractéristiques du bitume.

Chose et fait curieux, tous ces résidus ne renfermaient donc pas un mélange identiquement préparé : ce qui est d'ailleurs compréhensible, si nous nous reportons aux indications des anciens et aux analyses des parfums égyptiens, les anciens les préparant toujours, *selon les époques,* de différentes manières. Certaines de leurs prescriptions ordonnaient en outre de préparer les aromates à l'aide d'un vin doux, mélangé à du styrax, du

mastic, de l'encens (voir les formules du Kyphy), tandis que d'autres prescrivaient des myrrhes, mélangés de vin et de résine et de térébenthine, additionnée d'asphalte.

Les Romains, ayant envahi la Grèce et l'Égypte, adoptèrent plusieurs coutumes des anciens habitants des rives du Nil et les introduisirent non seulement à Rome, mais dans la Gaule, apportant avec eux le styrax, le bitume, l'encens, etc., nécessaires à la préparation des vieilles formules des Égyptiens.

Ces analyses nous donnent la preuve évidente que nos pères étaient, soit directement, soit indirectement, en relations commerciales avec l'Asie Mineure, le pays des Somalis, la Judée et qu'ils avaient adopté même en Vendée, les usages et coutumes de leurs vainqueurs.

MINÉRALOGIE. — *Un gisement de cristaux d'aragonite dans les marnes attribuées au Trias supérieur, dans les Corbières orientales.* Note de **M. J. Durand**, présentée par M. A. Lacroix.

On sait avec quelle abondance les cristaux isolés d'aragonite se rencontrent dans le Trias de l'Aragon, de la Castille, et, en France, de l'extrémité occidentale des Pyrénées. Ces minéraux, associés à du sel, du gypse et des cristaux de quartz bipyramidés, se présentent exclusivement en macles pseudo-hexagonales, très régulières, *peu allongées suivant l'axe vertical*. Il en existe plusieurs types, dont on trouvera la description très détaillée à l'article *Aragonite*, de la *Minéralogie de la France et de ses Colonies* de A. Lacroix [1].

En dehors des régions ci-dessus désignées, les terrains attribués au Keuper ne se rencontrent, *avec un facies identique*, que dans la région de Corbières, où ils forment un très grand nombre de lambeaux : on peut y observer les mêmes gypses et marnes bariolés, à allure des plus tourmentées, avec *très abondants* cristaux de quartz bipyramidés; des sources salées et de nombreux pointements de roches éruptives, décrites comme ophites ou comme mélaphyres, viennent compléter l'analogie.

Il était remarquable qu'aucun des auteurs assez nombreux, qui ont étudié le Trias des Corbières, n'ait jamais signalé de cristaux d'aragonite dans cette intéressante formation. Ceci tendait à prouver que ce minéral, s'il y existait, y constituait sans doute une rareté.

---

(1) T. III, p. 671 et suiv.

Ce n'est qu'après quatre années de recherches suivies dans les Corbières, que j'ai rencontré les cristaux d'aragonite, dont je vais donner la description.

Le gisement de ces cristaux se trouve à quelques kilomètres de Narbonne, dans la chaîne de Fontfroide, près de la métairie abandonnée de La Quille. Le Trias supérieur offre en ce point un important affleurement, qui fait suite à celui de Sainte-Eugénie, décrit par Tournal dès 1829 [1] et étudié ensuite par d'Archiac [2] et surtout par Viguier [3]. Les contours du Trias de La Quille ont été bien figurés par Doncieux, sur la carte géologique au $\frac{1}{80000}$, feuille de Narbonne. Cet affleurement comprend deux parties : l'une, très allongée, occupe le fond du ravin de Freycinet, sur le flanc oriental de la chaîne; l'autre portion, plus restreinte, sur le flanc occidental, s'étend, à partir de la ligne de faîte, dans un petit ravin de direction E-W, tout près du nouveau chemin de Saint-Jean, à Pech-Rascas.

Les cristaux d'aragonite se trouvent à gauche, en descendant le petit ravin dont je viens de parler, dans des marnes qui renferment aussi des cristaux de quartz laiteux bipyramidés. Dans le ravinement, on voit une roche éruptive en voie de décomposition et, un peu plus haut, des gypses rouges et des marnolithes de même couleur, très riches en jolis cristaux de quartz hématoïdes bipyramidés; ces derniers sont si chargés en oxyde de fer qu'ils se désagrègent, à froid, sous l'action de l'acide chlorhydrique dilué.

Les cristaux d'aragonite de ce gisement se présentent, comme ceux des régions classiques, sous la forme de macles hexagonales suivant *m*, et dont la structure complète se trahit extérieurement par des cannelures; ils ont une grande tendance à s'enchevêtrer. La base *p* s'observe parfois nettement, surtout chez les échantillons de petite taille; mais, dans la plupart des cas, la complexité du groupement donne aux extrémités des cristaux un aspect corrodé et irrégulier. Les cristaux sont, tantôt incolores ou faiblement verdâtres, tantôt rougeâtres à la faveur d'inclusions ferrugineuses.

Dans les plus gros échantillons, l'hexagone de base n'atteint guère que 1^{cm} de côté. Ce qui distingue, au premier coup d'œil, ces cristaux de ceux des autres gisements, c'est leur *grand allongement relatif suivant l'axe vertical :* le rapport de la hauteur du prisme au côté de l'hexagone varie entre 3 et 8 dans ceux que j'ai examinés.

---

(1) *Annales Sc. natur.*, 1re série, t. XVII, 1829.
(2) *Les Corbières* (*Mém. Soc. géol. fr.*, 2e série, t. VI, 1859).
(3) *Études géologiques sur le département de l'Aude*, p. 168. Montpellier, 1887.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les figures de déshydratation de types différents obtenus sur les mêmes cristaux.* Note de M. C. **Gaudefroy**, présentée par M. F. Wallerant.

Un même cristal peut donner naissance en même temps à plusieurs sous-hydrates différents, et à autant de types de figures distincts. Ce cas n'est pas exceptionnel. Je l'ai rencontré notamment dans les sulfates de fer, de cuivre, de zinc et de magnésium. Je prends pour exemple ces deux derniers :

Les deux corps SO^4ZnO7 et SO^4MgO7 présentent à la fois : 1° des figures *elliptiques*, blanches, opaques, pulvérulentes [1]; 2° des figures *polygonales*, transparentes, dérivées d'un polyèdre de déshydratation [2].

Toutes deux se produisent spontanément vers 33°; et ensemencées sur des cristaux intacts, elles engendrent des figures de leur type respectif.

En voici l'analyse :

1° Les figures *elliptiques* sont dues à la formation de *cristaux* M4. D'abord le nombre de 4^{mol} d'eau a pu être déterminé par l'intermédiaire du sulfate de fer, car les cristaux O7 ne donnent pas les figures elliptiques seules. Voici comment j'ai opéré. Les cristaux SO^4FeM7 produisent vers 35° des figures elliptiques qui ont plus qu'une analogie de forme avec celles des cristaux O7 : les unes et les autres sont formées de cristaux isomorphes, car on engendre les premières avec les germes des deuxièmes et réciproquement. Mais, chose essentielle, les figures elleptiques se produisent *seules* alors. On peut donc les laisser se développer et l'on constate par des pesées qu'elles sont formées d'un hydrate à 4^{mol} d'eau.

De plus, le système cristallin des grains de poussière de ces figures est celui de SO^4MnM4. En effet, si, dans une solution de ce dernier corps, additionnée de SO^4H^2 en quantité suffisante pour qu'il se dépose à froid des cristaux M4, on met les cristaux O7 portant les deux types de figures, on voit sous le microscope la masse O7 se dissoudre ainsi que les figures polygonales, tandis que la poussière des figures elliptiques donne naissance à une multitude de cristaux M4.

2° Les figures *polygonales* sont dues à la formation *de cristaux* M6. D'abord, le nombre de 6^{mol} d'eau est donné par des pesées de la matière elle-même, car on peut obtenir les figures polygonales *seules* dans l'air sec à 15°.

Ensuite, le système cristallin, déterminé par une méthode semblable à celle du sulfate M4 précédent, est celui de SO^4NiM6. Même si la solution, acidulée, de SO^4Ni ne laisse déposer que des cristaux Q6, néanmoins les paillettes cristallines de dimensions visibles qui composent les figures polygonales, donnent naissance à des cristaux M6, grâce à la sursaturation locale produite par la dissolution du cristal O7 qui les supporte.

---

(1) C. Pape, *Pogg. Ann.*, t. CXXIV et CXXV.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1387.

De cette analyse on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les ressemblances de ces deux types de figures tiennent à l'action du cristal aux dépens duquel tous deux sont formés. Les unes dérivent d'un ellipsoïde dont les axes coïncident avec les axes binaires du cristal O 7; et les autres dérivent d'un polyèdre semblable au cristal O 7. Tous deux ont donc la symétrie orthorhombique du cristal primitif.

2° Les deux sous-hydrates formés influent sur la nature des figures qu'ils constituent.

Les figures elliptiques sont pulvérulentes, les polygonales sont formées de paillettes cristallines. Cette première différence tient à la contraction que subit le cristal primitif par perte d'eau. Dans la transformation $O7 \rightarrow M6$ des figures polygonales, le volume moléculaire subit une contraction de près de 0,1. Dans la transformation $O7 \rightarrow M4$ des figures elliptiques, la contraction serait beaucoup plus considérable. Si l'on juge du volume moléculaire des sulfates de zinc et de magnésium M4 par celui du sulfate de manganèse M4, qui est 98, la transformation $O7 \rightarrow M4$ serait accompagnée d'une contraction d'environ 0,3, c'est-à-dire 3 fois plus grande que dans la transformation $O7 \rightarrow M6$.

Ainsi, les cristaux M4 des figures elliptiques, ne pouvant se produire qu'avec une grande contraction du cristal primitif, sont réduits en poussière fine, tandis que les cristaux M6 des figures polygonales, peu contractées, prennent des dimensions mesurables et montrent seulement quelques gerçures.

Il y a une autre différence qui déconcerte nos idées générales sur les phénomènes cristallins. Tandis que les figures elliptiques rappellent les propriétés de conductibilité calorifique de dilatation et autres, *qui varient d'une manière continue avec la direction*, les figures polygonales au contraire manifestent les directions privilégiées du système réticulaire et rentrent dans la catégorie des propriétés *qui varient d'une manière discontinue avec la direction*, comme les plans et rangées d'accroissement, de groupement, de déformation et de clivage. La déshydratation passe d'une classe à l'autre selon le nombre de molécules d'eau éliminées.

Ces différences montrent à quel point la matière déshydratée influe sur la nature des figures de déshydratation et permet de prévoir que tous les corps susceptibles de donner naissance à plusieurs sous-hydrates donnent naissance à des figures de déshydratation de types différents.

BOTANIQUE. — *Sur le rôle du chondriome dans l'élaboration des produits de réserve des Champignons.* Note de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nos recherches antérieures laissent prévoir que le chondriome joue un rôle important dans l'élaboration des produits de réserve des Champignons.

Notre but aujourd'hui est d'essayer de préciser ce rôle.

Pour cela, examinons l'évolution du chondriome dans l'asque de *Pustularia vesiculosa*, espèce qui a été surtout l'objet de notre étude.

On sait par nos recherches antérieures (¹), qu'au début de son développement, après la fusion nucléaire, l'asque renferme à son extrémité apicale et vers son centre, c'est-à-dire au voisinage du noyau, un cytoplasme très dense, et partout ailleurs de grosses vacuoles. Les éléments du chondriome, qui sont presque tous des chondriocontes, se trouvent disséminés dans tout le cytoplasme, mais sont surtout accumulés dans le cytoplasme dense qui entoure le noyau et dans celui qui occupe l'extrémité apicale. Ils forment à ce moment de très nombreuses vésicules de sécrétion.

On sait, d'autre part, qu'à ce stade, l'asque élabore simultanément trois sortes de produits de réserve : du glycogène, des globules de graisse et des corpuscules métachromatiques. On peut donc admettre que ces vésicules jouent un rôle dans l'élaboration de ces différents produits. Le glycogène, le plus abondant de ces produits, apparaît un peu dans toutes les régions de l'asque, mais, contrairement à ce que nous avions avancé (²), il se forme surtout dans la région basale. Les globules de graisse sont peu nombreux et localisés dans le cytoplasme périnucléaire. Quant aux corpuscules métachromatiques, qui se forment en très grand nombre, mais restent petits, ils naissent dans toute la cellule, mais plus particulièrement autour du noyau et vers la région apicale. Ils sont élaborés, comme on le sait, dans le cytoplasme au voisinage des vacuoles, puis s'introduisent bientôt dans ces dernières où ils achèvent leur croissance.

Il est permis de penser que les globules de graisse et le glycogène se forment dans l'intérieur des chondriocontes, mais nos observations ne nous ont jusqu'ici apporté aucun renseignement sur ce point. Notre attention a été portée surtout sur la relation de position qui existe entre les chondriocontes et les corpuscules métachromatiques.

(¹) Nous avons décrit en détail le chondriome de *Pustularia vesiculosa* dans une Note antérieure (*Soc. de Biol.*, 15 mars 1913). Un mois plus tard, cette même espèce a été l'objet d'une étude de Janssens et van de Putte (*La Cellule*, 15 avril 1913). Ces auteurs, qui n'avaient pas eu connaissance de notre Note et ne la citent pas, sont arrivés exactement aux mêmes résultats que nous.

(²) Nos observations avaient été faites après traitement iodo-ioduré de coupes fixées au bichromate-formol qui conserve très mal le glycogène.

C'est en effet dans les régions où le chondriome est le plus riche que les corpuscules métachromatiques sont les plus nombreux.

Cette relation devient beaucoup plus évidente si l'on considère les cellules pseudo-parenchymateuses du périthèce. Dans ces cellules, il n'y a généralement pas de graisse et le glycogène est souvent très peu abondant; par contre, les corpuscules métachromatiques sont sécrétés en très grand nombre et acquièrent des dimensions considérables. Ces cellules sont occupées par de grosses vacuoles et renferment plusieurs noyaux. Le chondriome est formé par de nombreux chondriocontes disséminés dans la trame cytoplasmique et en relation d'une part avec les noyaux et de l'autre avec les vacuoles. Or, en observant attentivement l'évolution du chondriome de ces cellules, on constate toutes les formes de transition entre les chondriocontes et les corpuscules métachromatiques. Les chondriocontes produisent de nombreuses vésicules de sécrétion. Celles-ci, très petites, apparaissent soit à l'une des extrémités du chondrioconte, soit à ses deux extrémités, soit en son milieu, soit enfin sur plusieurs points de son trajet. A côté de ces figures, on observe des vésicules absolument semblables et de même dimension, mais situées en dehors des chondriocontes : celles-ci sont soit dans le cytoplasme, soit dans l'intérieur des vacuoles. Elles semblent avoir été formées dans les chondriocontes et s'être ensuite isolées par résorption de la partie effilée de ceux-ci. Il n'est pas rare en effet de rencontrer de semblables vésicules encore pourvues d'une sorte de queue plus ou moins courte qui représente le reste du chondrioconte. On constate également la présence, cette fois uniquement dans les vacuoles, de vésicules beaucoup plus grosses qui présentent tout à fait l'aspect des corpuscules métachromatiques, et qui sont constituées, comme les petites vésicules, par un grain incolore entouré d'une mince écorce mitochondriale. Celle-ci devient de moins en moins épaisse, puis finit par s'interrompre et se réduire à une calotte coiffant le grain sur un de ses côtés. Enfin, à côté de ces vésicules, on voit, dans les vacuoles, des grains beaucoup plus gros, sans écorce mitochondriale, absolument incolores, mais se distinguant par leur réfringence particulière et qui sont des corpuscules métachromatiques parvenus au terme de leur croissance.

Pour démontrer l'origine mitochondriale des corpuscules métachromatiques d'une manière plus précise, nous avons essayé de traiter par des teintures bleues d'aniline très énergiques (telles que le bleu de crésyl) des préparations préalablement colorées par la méthode de Regaud, de manière à obtenir dans l'intérieur des vésicules la teinte rougeâtre caractéristique des corpuscules métachromatiques. Bien que ces colorations soient extrêmement difficiles à réaliser, nous avons cependant pu obtenir presque constamment la teinte métachromatique du contenu des vésicules les plus grosses situées dans les vacuoles et il nous est arrivé souvent aussi de colorer les vésicules beaucoup plus petites situées sur le trajet des chondriocontes.

Ceci semble donc démontrer que les corpuscules métachromatiques sont élaborés au sein des chondriocontes. Ce résultat se trouve d'ailleurs confirmé d'une autre manière par une observation récente de M. Moreau, qui a montré que, dans les Algues, les corpuscules métachromatiques sont le produit de l'activité du chromatophore. Il est très curieux de constater que

la plus grande partie de l'accroissement des corpuscules métachromatiques s'effectue dans les vacuoles au moyen de l'écorce mitochondriale qui les entoure jusqu'au terme de leur croissance.

L'étude de *Peziza leucomelas* nous a permis de constater une autre particularité de l'évolution du chondriome.

Dans cette espèce, on observe en effet la transformation d'une partie des chondriocontes en grains assez gros, de forme ronde, situés autour du noyau. Ces grains correspondent aux *grains basophiles* signalés par Maire dans les Basidiomycètes et dans l'asque de *Galactinia succosa* et aux cœnosphères de Dangeard.

ANTHROPOLOGIE. — *Étude anthropométrique de* 200 *Malgaches*. Note de MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

La création, depuis quelques années, de services d'identité judiciaire dans les principales colonies françaises permet de recueillir, sur les diverses races que nous gouvernons, des données anthropométriques du plus grand intérêt.

Le service d'identité de Tananarive, où les mensurations sont prises avec la même exactitude et par les mêmes procédés qu'à la Préfecture de Police de Paris, nous a fourni 200 fiches (100 hommes adultes, 100 femmes adultes) avec indications de races et photographies.

Voici les principales données qui résultent de l'étude de ces fiches :

La taille des Malgaches hommes est en moyenne de $1^m,653$, chiffre à peu près analogue à la moyenne du Français ($1^m,65$) et du Parisien, d'après Bertillon ($1^m,6545$). L'envergure moyenne du Malgache est de $1^m,716$ et dépasse celle du Parisien : $1^m,689$. La coudée est beaucoup plus grande chez le Malgache par rapport à la taille que chez le Parisien ($0^m,463$ chez le Malgache, $0^m,450$ chez le Parisien). Le médius et l'auriculaire sont peu différents dans l'un et l'autre pays (médius : $0^m,111$ chez le Malgache, $0^m,113$ chez le Parisien; auriculaire : $0^m,086$ chez le Malgache, $0^m,088$ chez le Parisien); le pied est plus petit chez le Malgache : $0^m,251$ (Parisien : $0^m,257$); le buste est beaucoup plus petit chez les habitants de la grande île africaine (Malgache : $0^m,862$, Parisien, $0^m,880$). Enfin, la tête est, pour la taille de $1^m,65$, un peu plus longue chez le Malgache et beaucoup plus étroite (longueur de tête : Malgache, $0^m,188$; Parisien, $0^m,187$; largeur de tête : Malgache, $0^m,147$; Parisien, $0^m,154$; moyenne du diamètre bizygomatique : $0^m,137$; moyenne générale française, $0^m,140$).

Sur 100 Malgaches hommes, nous avons trouvé : Dolichocéphales (au-dessous et jusqu'à 75) : 18; Mésocéphales (de 75,1 à 79,9) : 47; Brachycéphales (de 80 à 85) : 31; Hyperbrachycéphales (plus de 85) : 4.

L'indice céphalique moyen obtenu sur 100 Malgaches est 78,4. La taille des Malgaches femmes est en moyenne de $1^m,553$, chiffre inférieur à la moyenne de la Française : $1^m,57$. L'envergure moyenne de la Malgache est de $1^m,559$, chiffre grand pour la taille. La coudée est beaucoup plus grande chez la Malgache (moyenne : $0^m,419$; chez la Française : $0^m,408$). La longueur du médius et de l'auriculaire est identique chez la Malgache et chez la Française : médius, $0^m,103$; auriculaire, $0^m,07$. Le pied est plus petit chez la Malgache : $0^m,228$ (chez la Française de même taille : $0^m,234$). Le buste est beaucoup plus petit (Malgache : $0^m,806$; Française de même taille : $0^m,821$). La tête est de même longueur dans l'une et l'autre race ($0^m,179$) mais beaucoup plus étroite chez la Malgache (moyenne : $0^m,143$) que chez la Française ($0^m,148$). Le diamètre bizygomatique est à peu près identique (Malgache : $0^m,130$; Française : $0^m,131$).

Sur 100 Malgaches femmes nous avons trouvé : Dolichocéphales, 7; Mésocéphales, 55; Brachycéphales, 41; Hyperbrachycéphales, 5.

L'indice céphalique moyen obtenu sur 100 femmes malgaches est 79,6; la longueur d'oreille est chez le Malgache : $0^m,597$; chez la femme : $0^m,567$. Ces moyennes sont un peu inférieures aux moyennes françaises.

Les sujets examinés se répartissent ainsi :

	Malgaches.	
	Hommes.	Femmes.
1. Hovas	34	38
Betsiléos	9	4
Esclaves libérés	17	53
2. Betsimisaraks	7	2
Bezanozamos	2	»
Sakalaves	17	»
3. Autres races	7	9

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la sécrétion surrénale sur les actions vaso-motrices dépendant du nerf splanchnique.* Note de MM. **E. Gley** et **Alf. Quinquaud**, présentée par M. Henneguy.

Il a été démontré par plusieurs physiologistes que la faradisation du nerf splanchnique provoque le passage d'adrénaline en excès dans le sang veineux surrénal, c'est-à-dire une augmentation de la sécrétion de cette glande. S'il en est ainsi, la fonction vaso-motrice si importante de ce nerf, qui en fait le principal nerf vaso-constricteur de l'organisme et qui se manifeste par une élévation considérable de la pression aortique, quand

on vient à l'exciter, ne peut-elle être, au moins en partie, sous la dépendance de l'adrénaline sécrétée? Cette substance n'a-t-elle pas, en effet, parmi ses propriétés essentielles, celle d'être fortement hypertensive? La question de ces relations entre les fonctions du splanchnique et la sécrétion d'adrénaline a été posée par des expériences récentes de T.-R. Elliot ([1]) et de G. von Anrep ([2]).

Voici en résumé celles que nous avons faites sur le même sujet :

1° Si l'on enlève à un chien les surrénales, l'excitation du bout périphérique d'un nerf splanchnique détermine une élévation de pression bien moindre que celle que provoquait la même excitation avant l'opération (*fig.* 1), et d'ailleurs très différente dans

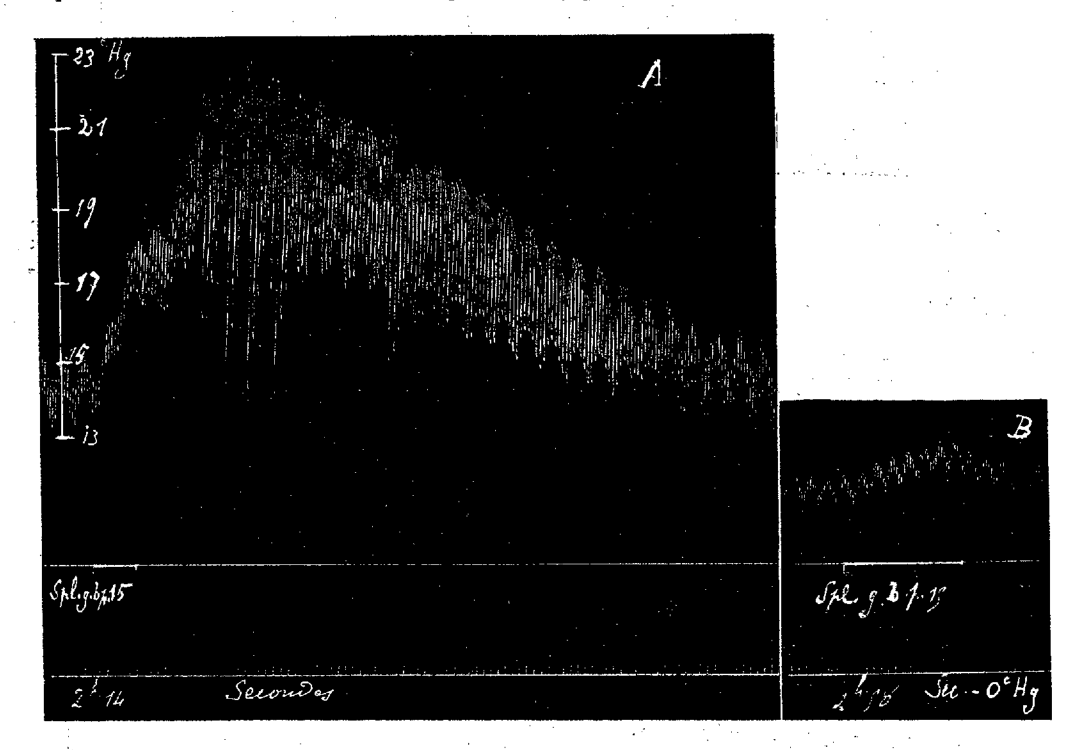


Fig. 1. — Chien bâtardé, de 5 ans, pesant 7^{kg}, chloralosé à $1^h 20^m$. Pression dans le bout central de l'artère carotide droite. Excitation du bout périphérique du splanchnique gauche (Spl. g. b. p.) : A, sur l'animal intact; B, 8 minutes après l'extirpation des deux surrénales.

sa forme. Il en va à peu près de même chez le lapin anesthésié (*fig.* 2); quelquefois cependant, sur cet animal, la réaction vaso-motrice est moins affaiblie après l'extirpation des surrénales. Chez le chat, au contraire, l'effet de l'excitation du splanch-

([1]) *J. of Physiology*, t. XLIV, 1912, p. 374-409.
([2]) *Ibid.*, t. XLV, 1912, p. 305-317.

nique ne paraît pas diminué par l'opération (*fig.* 3); mais si l'on enlève alors sur

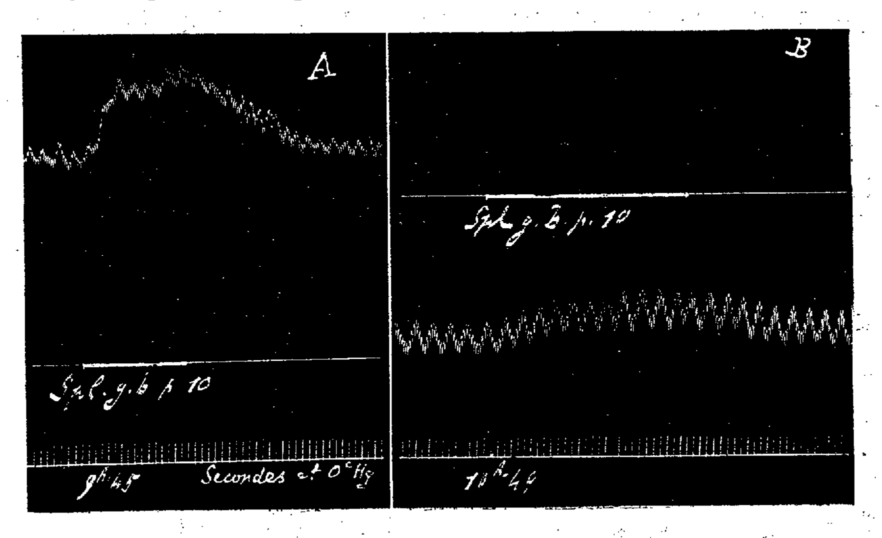


Fig. 2. — Lapin gris de 2370^{g}, morphiné et anesthésié par le mélange alcool-éther-chloroformé, à $8^{h}50^{m}$. Pression dans le bout central de la carotide droite. Excitation du bout périphérique du splanchnique gauche (Spl. g. b. p.) : A, avant; B, 24 minutes après l'extirpation des deux surrénales.

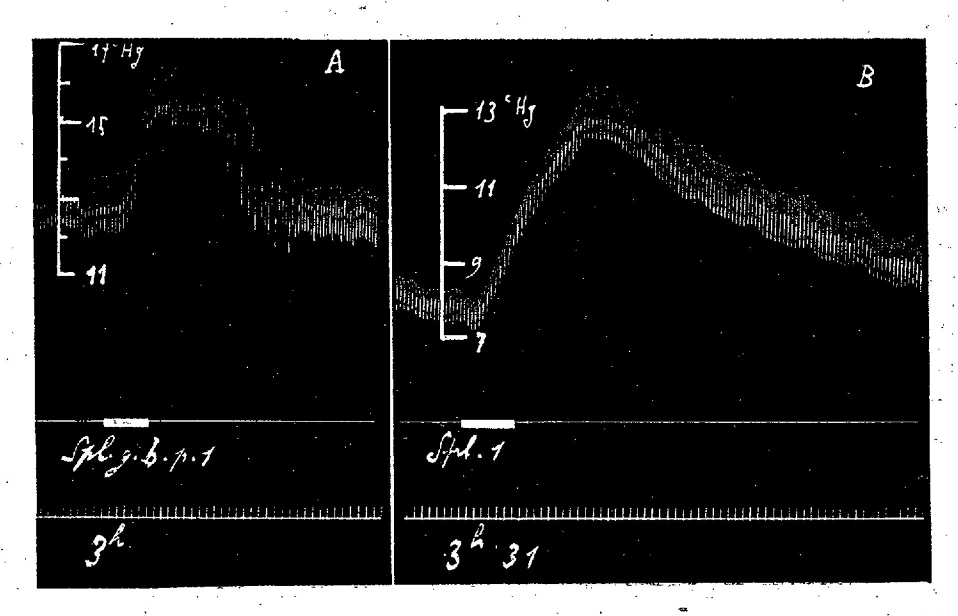


Fig. 3. — Chat de 4^{kg}, chloralosé. Pression dans la carotide droite. Excitation du bout périphérique du splanchnique gauche : A, avant; B, 30 minutes après l'extirpation des surrénales.

cet animal la masse intestinale, y compris l'estomac et la rate, l'effet hypertenseur

est très réduit; il persiste cependant encore; il faut, pour le voir à peu près complètement disparaître, faire l'ablation du foie et des reins, c'est-à-dire éviscérer totalement l'animal.

Faisons la contre-épreuve. Enlevons d'abord la masse intestinale (estomac et rate compris) sur le chien (¹) et excitons le splanchnique; la réaction vaso-motrice est à peu près la même qu'avant l'opération; si alors nous enlevons les deux surrénales elle est quasi supprimée. Chez le lapin, l'extirpation de l'estomac et des intestins suffit à diminuer considérablement l'effet hypertenseur splanchnique.

Il résulte de cet ensemble de faits que l'importance de la sécrétion surrénale, dans la réaction vasculaire déterminée par l'excitation du splanchnique, n'est pas la même chez les animaux d'espèces différentes.

2° L'excitation du bout central du nerf dépresseur chez le lapin ne provoque aucune diminution dans la teneur du sang veineux surrénal en adrénaline : ce qui conduit à penser que le dépresseur agit moins en inhibant les appareils vaso-constricteurs splanchniques, contrairement à la théorie classique, que par excitation de centres vaso-dilatateurs (Gley, 1890; Bayliss, 1893; Tschirwinski, 1896).

3° L'élévation de pression causée par l'excitation du bout central d'un nerf sciatique, après l'extirpation des deux surrénales, est à peu près la même qu'avant cette opération, ou ne diminue guère sur le chien et sur le chat; chez le lapin, elle est moins marquée. On peut donc admettre que cette réaction se produit sans une participation importante des surrénales.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le système du grand sympathique ne possède pas la même composition chimique que le tissu nerveux axial et les nerfs craniens ou spinaux.* Note de M. **A. Barbieri**, présentée par M. A. Gautier.

Le procédé d'analyse immédiate que j'ai fait connaître du tissu nerveux axial (lobes cérébraux de bœuf à $13^{kg},715$; cervelet $1^{kg},445$; pédoncules, protubérance annulaire et bulbe $2^{kg},281$; moelle épinière $1^{kg},991$) et des nerfs (neuroplasma des nerfs optiques $0^{kg},500$; nerfs du plexus brachial $1^{kg},500$; plexus lombo-sacré $1^{kg},500$) consiste à épuiser séparément et successivement ces différentes parties : *a*, par le sulfure de carbone; *b*, l'eau distillée; *c*, l'alcool; *d*, l'éther; *e*, l'alcool bouillant. Après l'action de ces différents solvants, il reste un résidu insoluble.

1000^{g} de cordons limitrophes du grand sympathique (200 chevaux) bien dépouillé de sa graisse et des enveloppes conjonctives, sont mis en digestion pendant un mois dans un excès de sulfure de carbone pur et neutre. On

(¹) L. Asher (*Zentralbl. für Physiol.*, t. XXIV, 1910, p. 928) et T.-R. Elliott (*loc. cit.*) ont fait des expériences analogues sur le lapin (Asher) et sur le chat (Elliott).

filtre; on a ainsi une solution sulfocarbonée (Fraction I) et une masse insoluble (A).

La masse insoluble (A), débarrassée, par la trompe de la totalité du CS^2, est successivement épuisée : *a*, par l'eau distillée (Fraction II); *b*, par l'alcool (Fraction III); *d*, par l'éther (Fraction IV); *e*, par l'alcool bouillant (Fraction V). Le résidu insoluble forme la Fraction VI.

I. *Étude de la fraction sulfocarbonée.* — Le sulfure de carbone est distillé. Le résidu, liquide, insoluble dans l'alcool et l'acétone, dépourvu d'azote, de phosphore et de cendres, se subdivise en 45g d'huile (C = 77,10; H = 12,15; O = 10,75) et en 5g,36 de stéarine que l'on sépare par filtration. La *cérébroïne et la cholestérine sont complètement absentes.*

II. *Étude de la fraction aqueuse.* — Cette fraction contient : *a*, 3g,09 d'une albumine incoagulable par la chaleur; *b*, le chlorure de sodium; *c*, les phosphates; *d*, la matière colorante des ganglions sympathiques.

III. *Étude de la fraction alcoolique.* — Cette fraction contient : *a*, l'eau physiologique; *b*, les mêmes principes que la fraction II qui se trouvaient en solution dans cette eau physiologique.

IV. *Étude de la fraction éthérée.* — On distille l'éther, le résidu est repris par la moindre quantité d'éther qui abandonne 3g,37 d'un corps blanc nouveau que je nomme provisoirement *Sympathine* (point de fusion, 155°) : C = 64,14; H = 9,15; N = 2,45; O = 24,26. L'éther de la solution éthérée, privée de sympathine, est évaporé; le résidu est repris par l'acétone qui s'empare de la cholestérine (2g) (point de fusion, 145°) et laisse indissous un mélange d'huile et la stéarine que l'on ajoute à la fraction I.

V. *Étude de la fraction alcoolique bouillante.* — L'alcool est distillé, le résidu est repris par l'éther qui abandonne un peu de sympathine. De la solution éthérée on sépare un peu de cholestérine et un peu de palmitine (?) mêlée d'huile soluble dans l'alcool. La cérébrine est complètement absente.

VI. *Étude du résidu insoluble.* — Ce résidu (Ph = 0,75 pour 100; cendres = 1,25 pour 100) a tout l'aspect du tissu élastique.

Le tissu nerveux (névraxe) laissé en digestion dans le sulfure de carbone émet un sérum qui surnage le CS^2 et qu'on sépare par filtration. De la fraction aqueuse

et de la fraction alcoolique (*eau physiologique*) du névraxe et des nerfs, on sépare un amino-acide que je n'ai pas encore complètement étudié. Ce corps blanc, absent dans le tissu grand-sympathique, intermédiaire entre la leucine et l'alanine, soluble dans son poids d'eau distillée à 280°, se sublime sans fondre.

Les ganglions et les cordons limitrophes du grand sympathique (*a*) écrasés dans du papier buvard donnent la tache d'huile; (*b*) comprimés dans un bain d'alcool ou d'acétone, ils abandonnent des gouttelettes d'huile insolubles dans ces solvants; (*c*) soumis à la torsion, ils exsudent un liquide huileux. Le tissu nerveux, complètement dépourvu d'huile et de stéarine, ne fournit jamais de tache d'huile.

Tableau synoptique rapporté à 1000g *de tissu frais, de la composition du névraxe, des nerfs craniens et spinaux et du grand sympathique.*

	Lobes cérébraux.	Cervelet.	Pédoncules. Protubérance annulaire. Bulbe.	Moelle épinière.	Neuroplasma du nerf optique.	Plexus brachial et lombo-sacré.
I. Fraction sulfocarbonée, résidu solide	64	92	96	133	134	Même composition qualitative.
II. Fraction aqueuse, résidu solide	4	10	6	7	15	
III. Fraction alcoolique, résidu solide	39	24	35	17	18	
IV. Fraction éthérée, résidu solide	4	9	18	25	15	
V. Fraction alcoolique bouillante, résidu solide.	27	12	13	40	25	
VI. Résidu insoluble dans les dissolvants précédents	117	95	101	80	70	
Eau physiologique { sérum	371	357	206	204	185	
Eau physiologique { eau physiologique	374	401	525	494	538	
	1000	1000	1000	1000	1000	

	Tissu du grand sympathique.
I. Fraction sulfocarbonée, résidu liquide	50,36
II. Fraction aqueuse, résidu solide	8,09
III. Fraction alcoolique, résidu solide	7,61
IV. Fraction éthérée, résidu demi-liquide, pâteux	12,37
V. Fraction alcoolique bouillante, résidu pâteux	7,00
VI. Résidu insoluble dans les dissolvants précédents	140,00
Eau physiologique { sérum	0
Eau physiologique { eau	774,57
	1000,00

Du fait que 66 pour 100 de l'extrait global du grand sympathique (extrait formé par la somme du résidu des cinq premières parties) sont constitués par de l'huile et de la stéarine, d'autre part de cette considération que le système du grand sympathique est complètement dépourvu : (*a*) de sérum nerveux, (*c*) de cérébroïne et de cérébrine, enfin de la différence des

albumines et du résidu comparés avec les albumines et le résidu du tissu neuraxial et des nerfs, je conclus que le système du grand sympathique ne possède pas la composition chimique du névraxe et des nerfs craniens et spinaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse du géranylglucoside β à l'aide de l'émulsine; sa présence dans les végétaux*. Note de MM. E. **Bourquelot** et M. **Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

Le géraniol $C^{10}H^{17}.OH$ est un alcool primaire presque insoluble dans l'eau. Agité avec ce véhicule, il n'en retient pas plus de 2 pour 100, et, une fois saturé, il ne peut encore dissoudre que des traces de glucose. Ce sont là des propriétés peu favorables à une synthèse directe du géranylglucoside β par l'émulsine. L'expérience suivante a montré qu'on peut cependant l'effectuer :

A 500g de géraniol saturé d'eau, c'est-à-dire en contenant environ 10g, on a mélangé, en agitant, 5g de glucose pur dont la presque totalité est restée indissoute. On a ajouté 3g d'émulsine et abandonné le tout dans une étuve réglée à + 33°.

Le géraniol employé, renfermant sans doute un peu de linalol gauche, était légèrement lévogyre ($-5°32'$ pour $l=2$), et la rotation du liquide est restée sans changement pendant les 2 mois qu'on a laissé se prolonger l'expérience.

On a, alors seulement, filtré 100^{cm^3} de la solution qu'on a agités avec de l'eau. Le liquide aqueux était optiquement inactif, de sorte qu'on aurait pu penser qu'il ne s'était produit aucune réaction.

Néanmoins, on a agité ce liquide avec de l'éther de façon à le débarrasser des traces de géraniol qu'il avait entraînées, et, après l'avoir concentré à 100^{cm^3}, on a ajouté de l'émulsine. En 24 heures, la rotation a passé de 0 à $+32'$ et il s'est séparé des gouttelettes de géraniol reconnaissable à son odeur. Il y avait donc eu synthèse du géranylglucoside β.

La réaction est plus nette lorsqu'on l'effectue dans l'acétone aqueux, ce liquide dissolvant le géraniol et le glucose. Elle a été essayée avec du géraniol pur, optiquement inactif, en employant cet acétone dilué à 80 pour 100 en poids.

Après avoir préparé une solution acétonique renfermant 2g de glucose pour 100^{cm^3}, on a fait le mélange suivant :

Géraniol pur..................	10g
Solution acétonique de glucose...	90^{cm^3}
Acétone à 80 pour 100.... q. s. p.	100^{cm^3}
Émulsine.....................	0g,40

que l'on a abandonné à la température du laboratoire (15° à 20°), en ayant soin d'agiter de temps en temps. Géraniol et glucose étaient dissous.

La rotation initiale ($l = 2$) était de $+2°$; elle a passé, en 3 jours, à $+1°46'$, en 8 jours à $+1°38'$, et s'est fixée, vers la fin du deuxième mois, à $+1°22'$, ce qui correspond à une baisse totale de 38'. En opérant la synthèse dans l'acétone, on a donc, tout au moins, l'avantage de pouvoir en suivre les progrès au polarimètre.

Pour extraire le glucoside, on agite, à plusieurs reprises, le mélange (dans le second cas, après avoir enlevé l'acétone par distillation) avec de l'eau; on distille la solution aqueuse à sec sous pression réduite; on reprend à chaud par de l'éther acétique; on distille à sec la solution éthéro-acétique; on reprend le résidu par quantité suffisante d'eau et l'on agite la solution aqueuse avec de l'éther ordinaire, de façon à enlever les dernières traces de géraniol. Par évaporation du liquide aqueux, on obtient un produit dur, incolore. C'est le géranylglucoside β que nous n'avons pu, jusqu'ici, faire cristalliser.

Ce produit est soluble dans l'eau. Il est lévogyre avec un pouvoir rotatoire de $-25°,49$, à la concentration de $1^g,6344$ pour 100^{cm^3}. Il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique. Il précipite par le sous-acétate de plomb. En solution aqueuse, il est hydrolysé rapidement par l'émulsine.

25^{cm^3} d'une solution renfermant $0^g,4086$ de glucoside ont été additionnés de 25^{cm^3} d'une solution d'émulsine à $0^g,50$ pour 100; la rotation ($l = 2$) a passé en 2 jours de $-25'$ à $+25'$ (théorie pour le glucoside pur : $+29'$). Le géraniol s'est réuni à la surface du liquide.

Cette facile synthèse du géranylglucoside β par l'émulsine et, d'autre part, l'existence de l'émulsine dans bon nombre de végétaux, nous ont amenés à penser qu'on devait rencontrer ce glucoside dans les plantes qui fournissent le géraniol à l'industrie. Nous avons fait quelques essais dans cet ordre d'idées, et nous avons pu constater qu'il en était ainsi, au moins pour le *Pelargonium odoratissimum*, c'est-à-dire pour la plante qui fournit l'essence dite *essence de géranium*.

Un essai biochimique de cette plante à l'état frais a d'abord donné les résultats suivants (100^{cm^3} de liquide = 100^g de plante fraîche) :

	Rotation ($l = 2$).	Glucose pour 100^{cm^3}.
Avant addition de ferment	$+17'$	$0^g,357$
Après action de l'invertine	-5	$0,580$
Après action de l'émulsine	$+2$	$0,701$

Il y avait donc, dans la plante fraîche, du sucre de canne et, en petite quantité, un ou plusieurs glucosides dédoublables par l'émulsine.

L'odeur de géraniol, perçue pendant la réaction produite par l'émulsine, indiquait déjà que la plante devait renfermer un glucoside de cet alcool. Pour nous en assurer, nous avons fait un essai sur $3^{kg},200$ de *Pelargonium* frais, qui ont été traités par l'alcool bouillant conformément aux indications de la méthode d'extraction des glucosides hydrolysables par les ferments [1]. On a obtenu un extrait alcoolique que l'on a épuisé par l'éther acétique bouillant pour en retirer le géranylglucoside supposé. La solution éthéro-acétique évaporée a laissé un résidu qui a donné, avec l'eau, une solution lévogyre. Celle-ci a été additionnée d'émulsine, et il s'est formé du sucre réducteur et du géraniol. On a pu constater, en outre, que le glucoside ainsi dédoublable était précipité par le sous-acétate de plomb.

Ces deux propriétés, qui appartiennent au géranylglucoside β synthétique et dont la première est spécifique, permettent, croyons-nous, de conclure à la présence de ce glucoside dans le *Pelargonium odoratissimum*.

PARASITOLOGIE. — *Influence du mode de pénétration, cutanée ou buccale, de* Stephanurus dentatus *sur les localisations de ce nématode dans l'organisme du porc et sur son évolution.* Note de MM. **P. Noël Bernard** et **J. Bauche**, présentée par M. E. Roux.

L'infestation du porc par *Stephanurus dentatus* Diesing 1839, nématode de la famille des Strongilidés, a été signalée au Brésil, aux États-Unis, en Australie, au Dahomey et au Congo. Ce parasite siège principalement dans le tissu adipeux qui enveloppe les uretères et les reins. Il se rencontre dans le foie avec une fréquence variable suivant les pays d'élevage, et dans les autres viscères tout à fait exceptionnellement. Les auteurs supposent qu'il pénètre dans l'organisme de son hôte par la voie digestive.

Nous l'avons observé à Hué (Annam) sur 34,6 pour 100 des porcs abattus pour la consommation. Sur 100 animaux infectés, le parasite se trouve 100 fois autour des uretères et des reins, 4 fois dans le parenchyme hépatique. Sa présence dans le poumon est extrêmement rare.

Dans les kystes développés au sein du tissu cellulo-adipeux périrénal et périurétéral, les Stephanurus sont groupés par couple. Les femelles sont

---

(1) Les détails de l'opération, que nous ne pouvons donner ici, seront exposés dans un autre Recueil.

pleines d'œufs. Ces kystes s'ouvrent dans la lumière des uretères par de fins canalicules. La centrifugation de l'urine de 411 animaux a donné 141 fois des œufs présentant de 8 à 16 blastomères. Le rein peut présenter des lésions plus ou moins profondes.

Lorsque le foie est parasité, il est volumineux; il peut dépasser le double de son poids normal. La surface est marquée de taches blanchâtres, arrondies. La veine porte est épaissie, entourée jusqu'au hile de ganglions hypertrophiés, contenant des Stephanurus en évolution. L'examen des fèces n'a jamais montré la présence d'œufs dans le tube digestif.

L'accouplement des parasites s'accomplit, donc, dans les kystes périurétéraux et les œufs sont expulsés, par l'urine, dans le milieu extérieur.

L'évolution de l'œuf est facile à suivre en milieu de Looss. L'embryon se développe en 24 heures entre 25° et 35°. Il perce la coque de l'œuf (100^{μ} à 128^{μ} de long sur 55^{μ} à 70^{μ} de large) et apparaît, très mobile, sous la forme de larve rhabditoïde (500^{μ} de long sur 35^{μ} de large). 5 jours après l'éclosion la larve mue et se transforme en larve strongyloïde enkystée (600^{μ} de long sur 40^{μ} de large).

Pour étudier les modes de pénétration de cette larve dans l'organisme de son hôte nous avons soumis 30 porcelets à l'expérimentation suivante :

Un premier groupe de 6 animaux fait 2 à 6 repas infectants composés de riz cuit additionné d'une culture de larves. Un deuxième groupe de 9 porcelets est exposé à la pénétration cutanée. Des cultures âgées de 12 à 35 jours sont étalées 2 heures par jour, pendant 4 à 6 jours consécutifs, sur l'abdomen et les flancs de l'animal immobilisé. Les 15 animaux qui restent sont conservés comme témoins.

Pénétration par la voie digestive. — Sur les 6 porcelets du premier groupe, 2 sont sacrifiés 1 mois après l'ingestion. Reins et uretères sont indemnes. Le foie présente des lésions déjà accentuées. Les 4 autres succombent de 90 à 100 jours après les repas infectants, porteurs des altérations les plus graves du foie. Les reins et les uretères sont sains. Au point de vue microscopique, les lésions du foie sont caractéristiques d'une cirrhose hypertrophique. La larve pénètre par la veine centrale du lobule, provoque une hémorragie intralobulaire massive, point de départ d'un épaississement scléreux qui aboutit à de larges placards dépourvus de parenchyme dans lesquels le parasite se trouve enkysté. Cette localisation du Stephanurus ne permet donc pas sa propagation à l'extérieur et compromet la vie de son hôte.

Pénétration par la voie cutanée. — 2 porcelets du second groupe sont

abattus après 2 mois d'observation. Ils n'ont pas de lésions hépatiques, mais leur uretère gauche est parasité. Les 7 survivants se développent normalement. Ils sont sacrifiés 11 et 12 mois après les essais d'infestation. Aucun d'entre eux n'a de lésions du foie. Tous ont des lésions massives caractéristiques périrénales et périurétérales.

Le passage par la voie cutanée est prouvé par les coupes de la peau et des ganglions qui montrent des larves dans le derme et dans la substance folliculaire. Entraînées dans la circulation générale, ces larves provoquent la formation des kystes périurétéraux où se fait l'accouplement des adultes. Par les canalicules qui relient les kystes au canal de l'uretère, les œufs passent dans la vessie et dans le milieu extérieur. De nouvelles larves prennent naissance. Ces kystes n'entravent pas généralement le développement du porc.

Témoins. — Parmi les 15 témoins, abattus après 3, 6 et 12 mois, 13 sont absolument sains. Les 2 autres présentent sur l'uretère gauche un noyau de petit volume contenant quelques parasites adultes. Ces deux sujets ont été vraisemblablement contaminés avant leur isolement. Mais leurs lésions légères contrastent avec l'importance des kystes volumineux dus à l'infestation expérimentale.

Il résulte de ces recherches que le Stephanurus peut pénétrer dans l'organisme du porc : 1° par la voie cutanée; 2° par la voie digestive, et que des lésions spécifiques correspondent à chacun de ces modes de pénétration : kystes périrénaux et périurétéraux pour le premier, cirrhose hypertrophique du foie pour le second.

Dans les divers pays où l'on rencontre ce parasite, il s'établit toujours au voisinage des uretères et des reins (100 pour 100 des animaux infestés en Annam). Par contre la proportion des lésions hépatiques est très variable (4 pour 100 en Annam, 100 pour 100 au Dahomey). Ces différences proviennent, sans doute, des procédés d'élevage qui favorisent plus ou moins la pénétration buccale.

L'observation de la maladie naturelle et l'expérimentation établissent nettement que la localisation périurétérale du Stephanurus fait partie du cycle évolutif de ce nématode.

La pénétration cutanée est seule compatible avec la conservation de l'espèce.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la nécessité d'une association bactérienne pour le développement d'une Myxobactérie*, Chondromyces crocatus. Note de M. **E. Pinoy**, présentée par M. E. Roux.

C'est à Thaxter que nous devons la description exacte des Myxobactéries. Les travaux de Baur et de Vahle ont apporté une contribution importante à la biologie de ces êtres. Grâce à des cultures sur fumier que nous ont obligeamment envoyées Vahle et Jahn, nous avons pu étudier *Chondromyces crocatus*, espèce d'un genre très évolué de Myxobactéries.

Jusqu'ici ces auteurs n'ont pu obtenir de cultures que sur des milieux non stérilisés ou incomplètement stérilisés. (Jahn, *in litteris,* obtient la culture sur fumier chauffé seulement à 100°.)

Sur agar ou fumier de lapin (10 pour 100), Vahle constate qu'en culture pure *Chondromyces crocatus* ne se développe que très faiblement sans donner d'appareils de fructification. « On peut cependant, écrit-il, obtenir un grand développement en cultures non stérilisées par chauffage. Sur certains points de la surface de gélose ensemencée, il y a des appareils de fructification non souillés par des organismes étrangers. Si, à partir de ces appareils de fructification, on ensemence sur milieu stérilisé, on n'obtient, le plus souvent, aucun développement s'il n'y a pas de germes étrangers introduits. En ensemençant en même temps *Bacillus oxalaticus*, j'ai pu obtenir un développement végétatif plus marqué, mais les fructifications produites étaient anormales. »

Nous avons repris l'étude des cultures de cet organisme et nous avons constaté que la condition *sine quâ non* pour obtenir son développement complet est qu'il soit associé à une Bactérie particulière. Cette Bactérie est un *Micrococcus* voisin de *Micrococcus latens*. Ses caractères sont les suivants : formes *coccus* souvent associées par deux ou formes bacillaires très courtes; prend le Gram; ne liquéfie pas la gélatine; trouble le bouillon et donne ensuite un voile à sa surface; donne sur pomme de terre un enduit jaune citron; sur gélose, strie blanc jaunâtre.

En association avec cette Bactérie, *C. crocatus* se développe non seulement sur fumier, mais aussi sur gélose au lait, sur gélose à la graine de lin stérilisée à 115°-120°.

Si, sur la surface de la gélose (gélose à la graine de lin, par exemple), contenue dans une grande boîte, on ensemence par stries simultanément les kystes de la Myxobactérie et le *Micrococcus*, on constate que le *Micrococcus* se développe d'abord en donnant des traînées opaques jaune blanchâtre, puis, au milieu de ces traînées, apparaissent, au bout de 3 à 4 jours, des taches claires, transparentes, circulaires, à bord surélevé qui envahissement progressivement la culture de *Micrococcus*. Les taches claires

sont formées par la Myxobactérie qui a solubilisé les *Micrococcus* dans les points où elle s'est développée. Les bords de ces taches sont surélevés par suite de l'amoncellement des éléments végétatifs de la Myxobactérie. Ceux-ci sont représentés par des bâtonnets à bouts arrondis de 3^{μ} à 8^{μ} de long sur $0^{\mu},6$ à $0^{\mu},8$ de large. Ils ne prennent pas le Gram et se colorent bien par tous les colorants basiques.

Avec les colorants à la thionine, à l'hématoxyline, on voit au centre un ou deux corpuscules fortement colorés, situés entre deux espaces clairs. Ces éléments, animés d'un mouvement oscillatoire, se groupent en lignes de manière à former des filaments plus ou moins épais. Ces filaments, *pénétrant dans la gélose*, s'étendent au delà des traînées de culture de *Micrococcus*. Au bout d'un temps variable (8-15 jours), quand les taches se sont agrandies au point de détruire presque entièrement la culture de *Micrococcus*, les appareils de fructification se forment ordinairement sur leur bord. Les fructifications très abondantes, jaune orangé, sont normales. Elles se sont constituées par le groupement des éléments végétatifs en un amas qui, peu à peu, s'est différencié en un pied et une tête arrondie. Les bâtonnets qui forment le pied se sont entourés d'une substance jaune particulière, se durcissant en même temps que de la tête sortent, dans toutes les directions, des groupes de Bactéries alignées qui s'entourent bientôt de la même substance, de manière à constituer des kystes de forme parfaitement définie. Les kystes sont rangés autour de la tête comme les stérigmates chez les *Aspergillus*. Les kystes de forme cylindrique, arrondis à une extrémité, sont terminés à l'autre par une pointe courte qui les fixe sur la tête.

On peut obtenir une culture pure avec frutifications normales, mais peu nombreuses, en ensemençant les kystes sur des cultures de *Micrococcus* développées sur graine de lin et tuées par le chloroforme. Ce procédé nous a permis d'étudier isolément l'organisme à l'état végétatif et de constater la présence fréquente de formes en *y* en tous points semblables à celle des bactéroïdes des nodosités des Légumineuses. L'étude comparative des bactéroïdes d'une part, de *Chondromyces crocatus* d'autre part, permet de se rendre compte que les bactéroïdes des Légumineuses ne sont pas autre chose que des Myxobactéries : même aspect à l'état végétatif, même constitution des filaments par des alignements de bactéries, même résistance de ces filaments aux divers dissolvants chimiques, même coloration jaune par l'iode.

Enfin, comme nous venons de le voir, les Myxobactéries n'ont aucune parenté avec les Myxomycètes. Ce sont des Bactéries. Le terme ambigu de Myxobactéries devrait donc disparaître et faire place à celui de Synbactéries.

BACTÉRIOLOGIE. — *Les infections à Coccobacilles chez les Insectes.* Note de MM. F. PICARD et G.-R. BLANC, présentée par M. E. Roux.

Depuis notre première Note [1] sur le Coccobacille d'*Arctia caja*, nous avons fait un certain nombre d'expériences sur la virulence de ce microbe vis-à-vis d'autres Insectes. Nous avons toujours obtenu un résultat positif par inoculation avec les espèces suivantes : Coléoptères : *Pœcilus Koyi*, *Opatrum sabulosum*, *Cetonia aurata*, *Melolonthæ vulgaris*, *Anoxia australis*, *Chrysomela sanguinolenta* et *Cleonus mendicus;* Hémiptères : *Eurydema ornata;* Orthoptères : *Periplaneta orientalis*, *Epacromia strepens* et *Acridium ægyptium;* Lépidoptères : chenilles d'*Arctia caja*, de *Porthesia chrysorrhea* et ver à soie.

On pourrait augmenter indéfiniment cette liste sans grand intérêt, car il est probable que la plupart des Insectes sont tués par *Bacillus cajæ*. Cependant, il n'est pas inutile de rechercher le pouvoir virulent du Bacille sur des Insectes appartenant soit à des ordres, soit à des familles différentes, car on n'est pas en droit de préjuger de l'une à l'autre. C'est ainsi que les Coléoptères aquatiques (Hydrophiles et Dytiques) se sont montrés doués d'une immunité naturelle pour *Bacillus cajæ* qui tue cependant les Coléoptères de la plupart des familles (Carabides, Lamellicornes, Ténébrionides, Chrysomélides et Charançons).

A côté de *B. cajæ*, il faut ranger, pensons-nous, deux Coccobacilles que Chatton a décrits récemment, *B. melolonthæ* et *B. bombycis* [2]. Le premier tue le ver à soie par inoculation, et il est probable que son rôle pathogène est superposable à celui de *B. cajæ* [3]. Quant à *B. bombycis*, Chatton ne dit pas s'il est virulent pour les Coléoptères, mais nous avons trouvé à Montpellier, dans les élevages de vers à soie, des individus tués par un Coccobacille qui, selon toute probabilité, est *B. bombycis*, bien qu'en culture sur bouillon, nous ayons obtenu une fluorescence nette, que n'a pas observée l'auteur. Ce Bacille, expérimenté sur *Anoxia australis*, le tue en 24 heures à la température du laboratoire. Enfin, nous avons trouvé chez des chenilles de *Lymantria dispar*, très abondantes cette année dans la

---

(1) *Comptes rendus*, 28 avril 1913, p. 1334.

(2) E. CHATTON, *Comptes rendus*, t. 156, n° 22, 2 juin 1913.

(3) Nous avons trouvé dans le sang du Hanneton méridional des dunes (*Anoxia australis*) un Coccobacille que nous rapportons au *B. melolonthæ*.

région méridionale, un Coccobacille entraînant une septicémie mortelle. Ce Bacille, que nous séparons momentanément, sous le nom de *B. Lymantriæ*, des Coccobacilles déjà décrits, pour indiquer son origine, tue le ver à soie et l'*Anoxia australis* en 24 heures.

Biologiquement, ces Coccobacilles ont un caractère commun, c'est leur peu de virulence par ingestion buccale. Chatton n'a pu obtenir aucune infection avec *B. melolonthæ* en déposant une goutte de liquide virulent sur l'aire buccale; il n'en a réussi que 4 sur 27 avec *B. bombycis;* nous-mêmes n'avons jamais pu tuer par ce procédé, avec *B. cajæ* et *B. bombycis*, les chenilles d'*Arctia caja* et les vers à soie. Par contre, comme nous l'avons déjà dit, en déposant dans le pharynx, à l'aide d'une pipette, une dose massive de liquide virulent (sang ou bouillon de culture), nous avons toujours obtenu un résultat positif. Il est probable que, dans certains cas, la pipette peut léser la paroi du tube digestif et réaliser une inoculation par voie sanguine. Cependant l'observation suivante montre qu'il est possible, par ce moyen, d'obtenir une infection digestive :

Trois chenilles d'*A. caja* reçoivent dans le pharynx, à l'aide d'une pipette, quelques gouttes d'une culture en bouillon de *B. cajæ*. Le lendemain une est morte avec infection sanguine, le surlendemain les deux autres meurent à leur tour, l'une d'entre elles *sans présenter aucun bacille dans le sang*, alors que le tube digestif contient une véritable culture pure du microbe.

Chatton a trouvé 75 pour 100 des Hannetons sains porteurs de *B. melolonthæ;* il a rencontré beaucoup plus rarement *B. bombycis* dans le tube digestif du ver à soie; ces constatations, qui paraissent expliquer les insuccès des inoculations buccales, en réalité, n'expliquent pas nos échecs dans les nombreux essais expérimentaux faits sur des Insectes non porteurs de bacilles. Les conditions de virulence restent encore fort obscures et cependant l'action sur le tube digestif peut être très nette. C'est ainsi qu'un grand nombre d'*A. caja* infectées par voie sanguine mouraient après avoir présenté des phénomènes diarrhéiques intenses et parfois un véritable prolapsus de l'intestin. De même des Hydrophiles, immergés dans un milieu liquide très infecté par *B. cajæ*, ont présenté une mue intense du tube digestif, sans d'ailleurs être tués. Enfin, chez les Rainettes tuées par inoculation de *B. cajæ*, l'irritation du cloaque est parfois telle que la vessie est retournée en doigt de gant et expulsée hors de l'anus.

Les propriétés pathologiques, les caractères culturaux et morphologiques rapprochent les Bacilles que nous venons d'examiner, qui peut-être ne sont que des races d'une même espèce. Plus différente paraît être celle de

d'Hérelle, *B. acridiorum*, qui tue le criquet par ingestion et reste sans action sur le ver à soie (Chatton) [1].

Les Coccobacilles paraissent jouer un rôle pathogène considérable chez les Insectes et c'est sans doute au *B. Lymantriæ* qu'il faut rapporter les épizooties signalées sur le *Gypsy-moth* en Amérique, par Howard et Fiske, épizooties que ces auteurs rapprochent de la flacherie du ver à soie. De même, il est permis de supposer fréquente dans les magnaneries la coccobacillose du ver à soie, car les individus tués par *B. bombycis* nous ont paru, dans certains cas, présenter les caractères cliniques de la grasserie, et, dans certains autres, ceux que les sériciculteurs s'accordent à attribuer à la flacherie.

GÉOLOGIE. — *Sur les minerais de fer dévoniens de Bretagne.* Note de M. **F. Kerforne**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans une Note précédente [2] j'avais indiqué que l'origine des minerais de fer du Pas (Côtes-du-Nord) devait être recherchée dans l'oxydation superficielle d'une couche de pyrite intercalée dans des schistes à faciès ampéliteux, situés un peu au-dessous du grès à *Orthis Monnieri* (Dévonien inférieur). Les travaux de recherches exécutés au-dessous de l'affleurement oxydé avaient, en effet, rencontré une quantité de pyrite tellement grande qu'on avait pu prévoir son exploitation industrielle; elle était incluse dans une couche noire, boueuse et très altérée. Un certain nombre de minerais de fer oxydés superficiels ont du reste cette origine.

Des travaux poussés plus profondément ont montré que, si mes conclusions pouvaient s'appliquer à une partie de la couche, elles ne s'appliquaient pas à la couche tout entière. La zone pyriteuse, en effet, est locale et, au-dessous d'elle, on a trouvé une couche de minerai de fer carbonaté; la boue noire, accompagnant le pyrite au niveau supérieur, en était le résidu d'altération.

Ces nouvelles observations résolvent la question de l'origine et de la nature des minerais de fer dévoniens de la forêt de Lorges et, par exten-

(1) Quant au *B. Eransquinii* de Cullen Hugo et Maggio Carlos, le peu de renseignements que nous possédons sur lui ne nous permet pas de faire un rapprochement systématique.

(2) *Comptes rendus*, 15 janvier 1912.

sion, celle des autres minerais de Bretagne du même âge : il s'agit de couches sédimentaires de carbonate de fer.

Dans certains cas, à Bas-Vallon, près du Pas, par exemple, le métamorphisme a eu pour résultat de transformer le fer carbonaté en fer magnétique.

A l'affleurement, les couches de carbonate dévoniennes se présentent tantôt sous l'aspect de fer oxydé scoriacé rappelant les chapeaux de fer des couches et des filons sulfurés, tantôt sous l'aspect d'hématite compacte, quelquefois même fibreuse, résultant évidemment d'une remise en mouvement du fer et d'un enrichissement superficiel, tantôt enfin sous l'aspect d'un résidu glaiseux peu consistant renfermant des boules de fer géodique.

Les niveaux géologiques où l'on trouve ces formations s'étendent, si l'on envisage l'ensemble du massif breton, depuis les premières assises du Dévonien inférieur jusques et y compris le Dévonien moyen.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence des couches à* Witchellia, *du Bajocien inférieur, en quelques points nouveaux du Var.* Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Henri Douvillé.

Des courses effectuées en vue de la revision des feuilles « Toulon » et « Draguignan » de la Carte géologique détaillée, au $\frac{1}{80000}$, m'ont permis de poursuivre des recherches sur les couches inférieures du Bajocien, en Basse Provence. La zone à *Witchellia*, qui surmonte l'Aalénien supérieur, a été signalée autrefois par M. Ph. Zürcher [1] aux environs de Valaury, près Solliès-Toucas, et de Brignoles, et les fossiles recueillis par ce savant ont fait l'objet d'une importante étude de M. Henri Douvillé [2]. Les gisements voisins de Solliès-Toucas avaient été, en outre, parcourus jadis par le frère Ubald, qui fit dans la région d'abondantes récoltes de fossiles; les Céphalopodes du Bajocien inférieur, provenant de ses envois, ont été fort aimablement mis à ma disposition par M. Henri Douvillé, pour ce qui fait partie des collections de l'École des Mines, et par M. Jean Boussac, pour les collections de l'Institut catholique.

J'ai exploré, à mon tour, les gisements du vallon de Valaury et l'affleurement de Rocbaron. D'autre part, les localités des environs de Solliès-Toucas

(1) Ph. Zürcher, *Note sur la zone à* Ammonites Sowerbyi *dans le sud-ouest du département du Var* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XIII, 1884, p. 9).

(2) Henri Douvillé, *Sur quelques fossiles de la zone à* Ammonites Sowerbyi, *des environs de Toulon* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XIII, 1884, p. 12).

(Valaury, Pierredon) ont été laborieusement fouillées par M. Gennevaux, de Montpellier, collectionneur des plus avisés, à l'obligeance duquel je dois la communication d'un grand nombre d'Ammonites patiemment extraites des bancs fossilifères. Ainsi j'ai pu rassembler le maximum de documents paléontologiques et stratigraphiques sur le niveau en question.

A l'ouest de Toulon, dans la vallée de Dardenne, j'ai reconnu la présence de la zone à *Witchellia* en deux points, voisins du hameau des Pomets. Plus à l'ouest encore, à l'extrême limite de la feuille, au col qui précède le village du Broussan, j'ai également décelé ce niveau. De même qu'à Valaury et à Rocbaron, la couche fossilifère est constituée par un banc calcaire d'une épaisseur de 60^{cm} à 70^{cm}, de couleur brune, particulièrement dur, à grain serré, imprégné par places d'enduits ferrugineux et parsemé d'amas de calcite. En fragmentant avec précaution les blocs de ce calcaire, on parvient à dégager des Ammonites souvent d'une belle conservation et pourvues d'une patine brun rougeâtre très caractéristique. J'ai recueilli, sous les Pomets, deux *Sonninia* du groupe de *corrugata* Sow. et, au-dessus du Broussan, *Sonninia* cf. *adicra* Waag., *Witchellia* cf. *romanoides* H. Douv. Une espèce de *Lima* bien connue, à grosses côtes, *Ctenostreon pectiniforme* Schloth., se rencontre, très souvent, à la surface des couches à *Witchellia* et peut servir de repère; dans la région étudiée, elle ne débute, d'ailleurs, qu'à ce niveau, nettement au-dessus des bancs terminaux de l'Aalénien.

Au sud-ouest de Draguignan, aux environs du village de Cabasse, j'ai constaté encore la présence du Bajocien inférieur à *Witchellia*, sur la rive droite de l'Issole, en face du défilé dans lequel s'engage cette rivière vers Carcès. L'affleurement est situé sur le flanc nord de la montagne de la Bouissière; on peut le suivre sur une quinzaine de mètres à la partie superficielle d'un banc de 50^{cm} à 60^{cm} d'épaisseur. Mais, ici, la couche à Ammonites ne revêt plus le même aspect pétrographique. Le calcaire, quoique assez dur encore, est beaucoup plus marneux, sa couleur grisâtre est plus claire et uniforme, les traces ferrugineuses sont moins apparentes, l'état de conservation des fossiles est moins bon. J'ai pu, cependant, recueillir sur cet affleurement, — où se montrent de nombreux restes de *Ctenostreon pectiniforme*, — *Hibolites Munieri* Desl., plusieurs exemplaires de *Witchellia Sayni* Haug, *Witchellia* n. sp. gr. de *Edouardiana* d'Orb., *Witchellia* sp., *Sonninia* cf. *adicra* Waag., *Sonninia* sp., *Pecten barbatus* Sow., etc.

Ces constatations stratigraphiques ajoutent quelques précisions nouvelles à la connaissance des termes inférieurs du groupe Oolithique inférieur représentés dans les chaînes provençales.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une formule barométrique.* Note de M. **Alfred Angot.**

La formule barométrique indiquée dans la dernière séance (*Comptes rendus*, t. 156, p. 2031) n'est autre que la formule de Babinet, qui figurait jusqu'en ces dernières années dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes (*Annuaire pour* 1911, p. 147).

Les deux coefficients empiriques qui entrent dans la formule sont seulement présentés, dans l'une et dans l'autre, d'une manière un peu différente, mais pratiquement équivalente, l'approximation relative sur laquelle on peut compter dans ce genre de calculs atteignant rarement le centième. Les coefficients de la formule primitive de Babinet sont, du reste, les plus simples au point de vue mnémonique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'affaiblissement du rayonnement solaire en* 1912, *d'après le mesures pyrhéliométriques effectuées en Pologne.* Note de M. **Ladislas Gorczyński.**

Dans ma Communication du 1er février 1904 j'ai constaté, en 1903, l'existence d'une opacité exceptionnelle de l'atmosphère d'après les mesures pyrhéliométriques effectuées à Varsovie, au Bureau météorologique du réseau polonais. Cet affaiblissement de l'intensité du rayonnement solaire sur la surface terrestre dura approximativement 16 mois (depuis novembre 1902 jusqu'à février 1904 inclusivement); la diminution des valeurs pyrhéliométriques était, en moyenne, de 15 pour 100 pendant ce temps.

Tandis que la période de mars 1904 jusqu'à mai 1912 ne présentait pas des diminutions notables ou progressives dans la marche de l'intensité du rayonnement solaire à Varsovie, un affaiblissement très considérable se manifeste de nouveau pendant le mois de juin 1912. Il convient d'ajouter qu'un trouble blanchâtre du ciel bleu était, en même temps, observé un peu partout en Europe et dans d'autres régions du globe (Amérique du Nord, Groenland, etc.).

Nous présentons, dans la Table suivante, les valeurs les plus grandes de la radiation obtenues à Varsovie (à l'aide d'un pyrhéliomètre électrique de

compensation) dans chaque mois de la période 1901-1912 et pour les quatre premiers mois de 1913.

Pour faciliter la lecture de la Table I, nous avons groupé non pas les maxima mêmes, mais bien les écarts des valeurs maxima mensuelles de l'intensité Q du rayonnement solaire à Varsovie, par rapport aux moyennes 1901-1912-1913.

TABLE I. — *Écarts des valeurs maxima mensuelles de l'intensité* Q *du rayonnement solaire à Varsovie, par rapport aux moyennes* 1901-1912-1913.

m (atm.).	3,5	2,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	3,0	4,0	1,5
f (mm.)..	3	3	4	5	6	8	9	8	7	6	4	3	7
	Mois												Année
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I-XII.
Moyennes	0,87	1,03	1,11	1,21	1,20	1,20	1,20	1,16	1,21	1,13	0,98	0,80	1,18
Écarts...	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1901.....	− 1	+13	− 4	+ 7	+ 5	+ 3	+ 2	+10	+ 4	+ 5	+ 4	+12	+ 5
1902.....	0	+ 8	+ 7	+ 2	−12	− 7	+ 7	+ 6	+11	− 2	**−13**	**−13**	− 1
1903.....	**−20**	**−20**	**−17**	**−21**	**−26**	**− 4**	**− 9**	**−16**	**−13**	**− 8**	.	.	−15
1904.....	**−18**	**−13**	+ 3	− 3	+ 6	−10	+ 4	+ 1	+ 1	+ 1	− 6	− 7	− 4
1905.....	+ 1	+ 3	− 1	+ 2	+ 8	+ 5	+ 5	+ 4	+ 9	+ 2	− 7	+ 1	+ 4
1906.....	+ 7	− 6	+ 3	+ 5	+ 4	+ 4	+ 1	− 3	0	+10	+21	+13	+ 5
1907.....	− 1	+ 4	0	+ 1	0	− 4	− 3	+ 5	+ 2	+ 9	+11	− 2	+ 2
1908.....	+ 8	−15	− 8	− 5	+ 3	+ 4	+ 2	+ 6	+10	+ 2	+ 1	− 3	0
1909.....	0	− 1	+ 2	− 4	+ 5	+ 3	.	+ 3	+ 1	− 4	.	+12	+ 2
1910.....	+ 4	+ 2	+ 5	− 1	0	− 1	.	− 2	+ 2	+ 2	.	.	+ 1
1911.....	.	+ 6	+14	+ 6	+ 8	+ 7	+10	+ 6	+10	+12	+11	+ 1	+ 8
1912.....	+32	+17	− 1	+12	− 6	+ 2	**−20**	**−16**	**−32**	**−30**	**−24**	**−13**	− 7
1913.....	**−12**	− 1	− 5	− 2	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Les écarts sont, pendant les mois de dépression, imprimés en caractères gras.

N.-B. — Les unités des écarts correspondent aux centièmes de Q (gr.-cal.: cm². m.). Les valeurs maxima de l'intensité Q du rayonnement solaire ont été uniformément réduites à l'épaisseur atmosphérique m et à la tension de la vapeur d'eau f, indiquées dans les en-tête de chaque mois. Toutes les valeurs ont été, en outre, ramenées à la distance moyenne de la Terre.

Les réductions à la tension f ont été effectuées au moyen de la formule

$$\frac{\partial Q}{\partial f} = -0{,}058\,\frac{0{,}85^{0{,}65m}\,m^{0{,}275}}{f^{0{,}725}}.$$

Les mesures pyrhéliométriques manquent en novembre et décembre 1903; en juillet et novembre 1909 et en juillet, novembre et décembre 1910.

De la lecture de la Table I il résulte qu'un affaiblissement, comparable à celui de 1903, se manifeste, sans aucun doute, dans la deuxième moitié de 1912. Le premier affaiblissement (de 1903) de la radiation a duré 14 mois environ (contre 7 mois du second), mais l'intensité du phénomène était plus grande en 1912 qu'en 1903. La diminution du rayonnement solaire sur la surface terrestre présente, en 1912, une marche assez régulière (avec maximum en septembre 1912), tandis qu'en 1903 il y a un ralentissement notable du phénomène (en juin 1903).

Il résulte de la consultation des Tables détaillées des mesures pyrhéliométriques, effectuées à Varsovie, que l'affaiblissement du rayonnement est survenu brusquement entre le 10 et le 20 juin 1912 (probablement vers le 14 juin) pour prendre fin à mi-janvier 1913.

Enfin, il est très intéressant à noter que, dans l'Observatoire météorologique d'Olczedajów situé dans la province de Podolie ($\varphi = 48°38'$ N., $\lambda = 27°40'$ E. Gr.), le caractère de l'affaiblissement en 1912-1913 était non seulement parallèle, mais presque identique à celui observé à Varsovie. Les écarts (pris par rapport aux moyennes 1909-1912, les mesures pyrhéliométriques d'Olczedajów n'existant pas avant 1909) sont les suivants :

Années.	Mois.	Écarts en centièmes de gr.-cal. : cm². m. (Olczedajów).
1912.	VI	— 3
»	VII	—23
»	VIII	—16
»	IX	—33
»	X	—21
»	XI	—23
»	XII	—13
1913.	I	—10
»	II	— 1

La concordance est donc très bonne avec les écarts pour Varsovie résultant de la Table I. Du reste les données analogues, publiées par M. H. Kimball pour l'Observatoire de Mount Weather en Amérique du Nord, confirment le caractère général de l'affaiblissement du rayonnement solaire en 1912.

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 7 juillet 1913.

Leonhardi Euleri Opera omnia; series I. *Opera mathematica.* — Volumen X : *Leonhardi Euleri Institutiones calculi differentialis,* edidit Gerhard Kowalewski. Leipzig, B.-G. Teubner, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux. Ouvrage acquis par voix de souscription.)

Démonstration du théorème de Fermat, par E. Fabry. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 fasc. in-8°.

La Science géologique, ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire, par L. De Launay, Membre de l'Institut; 2e édition, revue et augmentée d'un index alphabétique. Paris, Armand Colin, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Documents pour l'étude de la Géobotanique congolaise, par E. de Wildeman. (Extr. du *Bull. de la Soc. roy. de Bot. de Belgique;* 2e série, t. I; Volume jubilaire, 1912.) Bruxelles, le 10 juin 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. le Prince Bonaparte.)

Traité clinique et médico-légal des troubles psychiques et névrosiques post-traumatiques, par R. Benon. Paris, G. Steinheil, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lucas-Championnière.)

Archives urologiques de la clinique de Necker, publiées par F. Legueu; t. I, fasc. 1 et 2. Paris, F. Gittler, juin 1913; 2 fasc. in-4°. (Présenté par M. F. Guyon.)

Le cancer, état actuel de la question, par Jules Regnault. (Extr. du *Var médical,* mai 1913.) Toulon; 1 fasc. in-8°.

Les causes déterminantes du sexe, par Jules Regnault. (*Revue scientifique,* 1913, 1er semestre, n° 23, p. 714-722.) Paris, Bureaux de la *Revue scientifique;* 1 fasc. in-4°.

Guide pour l'élevage des vers à soie sauvages, par Tch' Ang-Ngen. (*Bulletin de l'Association amicale franco-chinoise;* t. V, n° 1, janvier 1913.) Paris, imp. Paul Dupont, 1913; 1 fasc. in-8°.

A propos des Sourciers; comment se détermine la profondeur à laquelle on trouvera la nappe d'eau, par J. Regnault. Toulon, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Renvoi à la Commission des Sourciers.)

Le Dr Gruby : Notes et souvenirs, par L. Le Leu. Paris, P.-V. Stock, 1908; 1 vol. in-12.

Untersuchungen über die Teilungen der Kreise des Repsoldschen Meridiankreises. — Untersuchungen über die Teilungen der Hilfsbögen des Repsoldschen Meridiankreises, von Paul Harzer. (*Astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte der Königl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel;* parties 1 et 2.) Leipzig, Breitkopf und Härtel, 1912; 2 fasc. in-4°.

The leecher of Minnesota; parts I-III. (*Geological and natural History Survey of Minnesota.* Zoological series, n° V.) Minneapolis, 1912; 1 fasc. in-8°.

Report of the eighty-second Meeting of the British Association for the Advancement of Science, Dundee, 1912. Londres, 1913; 1 vol. in-8°.

Instituto central meteorologico y geofisico de Chile. *Annuario meteorologico de Chile;* n° 3, 1911. Santiago du Chili, 1912; 2 vol. in-f°.

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1913.)

Note de M. *H. Devaux,* La pression de l'air dans les lacunes des plantes aquatiques :

Page 2005, ligne 22, *au lieu de* adoptée, *lire* adaptée.
Même page, ligne 4 en remontant, *au lieu de* $\frac{100}{80}$, *lire* $\frac{80}{100}$.
Page 2006, ligne 2, *au lieu de* d'une $0^{atm},5$, *lire* de $0^{atm},5$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 15 JUILLET 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le Tome II des *Œuvres diverses d'*Alfred Giard, *réunies et rééditées par les soins d'un groupe d'élèves et d'amis*.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des nappes liquides rétractiles de Savart.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. Les formules de viscosité superficielle des liquides, démontrées au n° VI de ma dernière Note pour les surfaces ou libres, ou de transition, qui sont de révolution autour d'un axe (¹), trouvent une application intéressante dans les nappes liquides rétractiles de Savart dont il a été question au n° I de la même Note, ou provenant de l'épanouissement, sur un petit plateau circulaire horizontal, de la veine verticale descendante issue, sous une assez faible hauteur de charge, d'un orifice circulaire horizontal.

Nous prendrons pour origine de l'axe vertical (descendant) des x le centre du plateau circulaire. Le rayon r_0 de celui-ci sera le rayon r initial de la nappe, laquelle se détachera du plateau en faisant avec le prolongement et au-dessous de ce rayon r_0 un angle positif λ_0 plus ou moins voisin de zéro, valeur, initiale aussi, de l'angle croissant λ de la normale (menée vers l'axe) avec les x positifs, angle que l'on comptera ici positivement en sens inverse des r positifs. Comme la figure d'un méridien ou d'un filet fluide sera fixe dans l'espace, la vitesse de glissement G des molécules sur

(¹) Voir le précédent *Compte rendu*, p. 7.

cette figure constituera la vraie vitesse d'écoulement; et nous aurons

$$G = \frac{ds}{dt}.$$

II. L'épaisseur variable E de la nappe, quoique un peu sensible, sera assez petite pour que la vitesse G puisse être censée la même sur les deux couches superficielles externe et interne, ainsi qu'entre les deux, et pour que ces couches aient, à très peu près, les mêmes centres principaux et les mêmes rayons principaux R, R' de courbure. Elle sera assez petite aussi pour qu'un filet fluide l'occupant tout entière, et compris entre deux plans méridiens voisins de paramètres que nous écrirons λ', $\lambda' + d\lambda'$, puisse être construit d'une largeur $r\,d\lambda'$ très supérieure à E, et être divisé, par les sections normales menées suivant les arcs $r\,d\lambda'$ de cercles parallèles, en tronçons rectangulaires de longueur ds, très plats et à faces peu courbes, où les deux bases $r\,d\lambda'\,ds$ aient leur aire très supérieure à celles des faces latérales $E\,ds$, $E\,r\,d\lambda'$.

Nous détacherons (par la pensée) de ces tronçons ou éléments de volume $E\,r\,d\lambda'\,ds$, sur chaque base, la *couche superficielle*, de masse insignifiante à côté de la masse totale $\rho E\,r\,d\lambda'\,ds$ de l'élément; en sorte que les pressions exercées sur ces deux bases seront les pressions *intérieures*, ou transmises à l'élément de volume par les couches superficielles, et appelées $\mathfrak{N}_1$, $\mathfrak{T}_1$ dans les formules (11) de ma dernière Note. Comme nous ferons abstraction de la pression atmosphérique, censée uniforme et partout normale, exercée par l'air sur les deux couches superficielles [1], $\mathfrak{N}$ et $\mathfrak{T}$ s'annuleront dans ces formules (11), ainsi réduites à

$$(1) \qquad \mathfrak{N}_1 = \frac{\mathfrak{F}}{R} + \frac{\mathfrak{F}' \sin\lambda}{r}, \qquad \mathfrak{T}_1 = \frac{1}{R}\left(\frac{d\mathfrak{F}}{d\lambda} + \frac{\mathfrak{F} - \mathfrak{F}'}{r}\frac{dr}{d\lambda}\right).$$

[1] Si l'on répétait quelque jour les expériences de Savart, il y aurait lieu, à cet égard, de mieux assurer qu'il ne le faisait l'égalité de pression entre l'air clos par la nappe et l'atmosphère extérieure, en choisissant, par exemple, creuse sur toute sa longueur, la tige verticale axiale qui portait le plateau circulaire, et en la perçant, à des hauteurs diverses, d'un certain nombre de petits orifices. L'on maintiendrait ainsi en communication constante l'air qu'enveloppe la nappe, contigu à la partie supérieure de la tige, et l'air libre qui entoure la partie inférieure, au-dessous du niveau de fermeture de la nappe. Sans quoi, il y a peut-être à craindre que l'air intérieur, malgré l'agitation et la fragilité de sa mince enveloppe liquide, soit partiellement entraîné par le courant et, dès lors, raréfié dans une proportion inconnue : ce qui amènerait, sous la pression plus grande de l'air libre, des réductions très compliquées dans les dimensions de cette enveloppe, c'est-à-dire de la nappe.

L'impulsion de ces pressions sur l'élément de volume sera concordante pour les deux faces interne et externe : car les deux couches superficielles, où G aura les mêmes valeurs, éprouveront les mêmes vitesses ∂, ∂' de dilatation, donnant lieu aux mêmes tensions $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ et, par suite, à la même action totale (transmise à l'élément de volume par les forces $\mathfrak{N}_1$, $\mathfrak{E}_1$) de ces tensions, sur les contours respectifs de deux fragments égaux de couche pris, l'un à la face externe, l'autre à la face interne. Il y aura donc lieu d'évaluer, par exemple, l'impulsion sur la face externe de l'élément de volume et puis de doubler les résultats.

Quant aux pressions, de même ordre par unité d'aire que les précédentes $\mathfrak{N}_1$, $\mathfrak{E}_1$, exercées sur les autres faces bien plus petites, elles seront beaucoup moins sensibles et, d'ailleurs, presque égales et opposées sur chaque couple de faces parallèles. Elles s'entre-détruiront au lieu de s'ajouter et seront négligeables.

III. Formons, d'après cela, les deux équations de mouvement de l'élément de volume $\mathrm{E}r\,d\lambda'\,ds$, en écrivant que les deux composantes tangentielle et centripète de sa force motrice,

$$\rho \mathrm{E}\, r\, d\lambda'\, ds\left(\frac{d\mathrm{G}}{dt}, \frac{\mathrm{G}^2}{\mathrm{R}}\right),$$

égalent les actions de mêmes sens,

$$\frac{2}{\mathrm{R}}\left(\frac{d\mathcal{F}}{d\lambda} + \frac{\mathcal{F}-\mathcal{F}'}{r}\frac{dr}{d\lambda}\right) r\,d\lambda'\,ds \qquad \text{et} \qquad 2\left(\frac{\mathcal{F}}{\mathrm{R}} + \frac{\mathcal{F}'\sin\lambda}{r}\right) r\,d\lambda'\,ds,$$

exercées, d'après (1), sur les deux bases $r\,d\lambda'\,ds$ de cet élément, plus les deux composantes respectives, tangentielle et normale,

$$\rho g \mathrm{E} r\, d\lambda'\, ds\,(\sin\lambda, \cos\lambda)$$

de son poids $\rho g \mathrm{E} r\, d\lambda'\, ds$ dirigé suivant les x positifs. Ces deux équations sont donc, après division par la masse de l'élément,

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{d\mathrm{G}}{dt} &= \frac{2}{\rho \mathrm{E R} r}\left[r\frac{d\mathcal{F}}{d\lambda} + (\mathcal{F}-\mathcal{F}')\frac{dr}{d\lambda}\right] + g\sin\lambda,\\ \frac{\mathrm{G}^2}{\mathrm{R}} &= \frac{2}{\rho \mathrm{E}}\left(\frac{\mathcal{F}}{\mathrm{R}} + \frac{\mathcal{F}'\sin\lambda}{r}\right) + g\cos\lambda. \end{aligned}\right.$$

Éliminons-en l'épaisseur variable E de la nappe par l'équation de conservation des volumes liquides. Si nous appelons $2\pi q$ le débit donné de la veine fournissant la nappe, celui du filet fluide considéré, compris dans

l'angle $d\lambda'$ de deux plans méridiens voisins, en sera la fraction $\frac{d\lambda'}{2\pi}$ ou vaudra $q\,d\lambda'$. Et comme il est le produit de la section droite $\mathrm{E}r\,d\lambda'$ du filet par sa vitesse G, l'on aura

$$(3)\qquad \mathrm{GE}r = q;\qquad \text{d'où}\qquad \mathrm{E} = \frac{q}{\mathrm{G}r}.$$

IV. Introduisons en outre, comme paramètre destiné à remplacer λ, l'arc s de méridien, compté à partir du bord ($x = 0$, $r = r_0$) du plateau; ce qui, vu les formules évidentes (elles et leurs différentielles),

$$(4)\qquad \cos\lambda = \frac{dr}{ds},\qquad \sin\lambda = \frac{dx}{ds},\qquad -\sin\lambda\,d\lambda = d\frac{dr}{ds},\qquad d\lambda = -\frac{ds}{dx}\,d\frac{dr}{ds},$$

et vu aussi que R vaut $\frac{ds}{d\lambda}$, donnera

$$(5)\qquad \frac{1}{\mathrm{R}} = -\frac{1}{dx}\,d\frac{dr}{ds}.$$

L'on aura d'ailleurs, pour transformer les dérivées des fonctions de λ, la formule symbolique

$$(6)\qquad \frac{d}{d\lambda} = \frac{ds}{d\lambda}\frac{d}{ds} = \mathrm{R}\frac{d}{ds}.$$

Enfin, la vitesse G n'étant, en raison de la permanence, fonction du temps t que par l'intermédiaire de la variable s, l'accélération tangentielle $\frac{d\mathrm{G}}{dt}$ équivaut à $\frac{d\mathrm{G}}{ds}\frac{ds}{dt}$ ou à $\mathrm{G}\frac{d\mathrm{G}}{ds}$.

Dans ces conditions, les équations (2) deviendront

$$(7)\qquad \begin{cases} \dfrac{d}{ds}\left(\dfrac{\mathrm{G}^2}{2}\right) = \dfrac{2\mathrm{G}}{\rho q}\left[r\dfrac{d\mathcal{F}}{ds} + (\mathcal{F} - \mathcal{F}')\dfrac{dr}{ds}\right] + g\dfrac{dx}{ds}, \\[2ex] \dfrac{\mathrm{G}^2}{\mathrm{R}} = \dfrac{2\mathrm{G}}{\rho q}\left(\mathcal{F}\dfrac{r}{\mathrm{R}} + \mathcal{F}'\dfrac{dx}{ds}\right) + g\dfrac{dr}{ds}. \end{cases}$$

Il faudra y observer que, d'après les formules (7), (12) de ma dernière Note et (4), (6) ci-dessus, l'on aura

$$(8)\qquad (\mathcal{F}, \mathcal{F}') = f + \frac{\varepsilon_1}{r}\frac{d.r\mathrm{G}}{ds} + 2\varepsilon\left(\frac{d\mathrm{G}}{ds}, \frac{\mathrm{G}}{r}\frac{dr}{ds}\right),\qquad \mathcal{F} - \mathcal{F}' = 2\varepsilon r\frac{d\frac{\mathrm{G}}{r}}{ds}.$$

La première (7), multipliée par l'élément ds de chemin, pourrait, sans la présence du premier terme (complexe) de son second membre, être intégrée immédiatement à partir de $s = 0$, c'est-à-dire à partir du plateau,

où $x = 0$ et où la vitesse initiale G_0 sera censée donnée. Et l'on aurait ainsi l'équation des forces vives, qui ferait connaître la vitesse G en fonction des coordonnées. Puis la substitution de cette valeur de G dans la seconde (7) donnerait une équation différentielle de la trajectoire ou du méridien. Mais le terme en G' du second membre de la première (7) résiste à l'intégration, et il semble difficile de pousser plus loin la solution générale du problème.

V. Restreignons-nous donc à l'hypothèse de fluidité parfaite, ou annulons les coefficients e, e_1 de viscosité ; ce qui rend $\mathfrak{f}$, $\mathfrak{f}'$ égaux à la constante f. Alors le terme en G du second membre de la première (7) disparaît et il vient pour G^2, en appelant G_0 la vitesse du fluide au départ du plateau, l'expression ordinaire

$$G^2 = G_0^2 + 2gx. \tag{9}$$

La vitesse G étant ainsi connue en fonction de x, multiplions la seconde (7) par $\frac{dx}{G}$, après y avoir remplacé la courbure $\frac{1}{R}$ du méridien par son expression (5) ; et, en transposant ensuite le premier terme, celui-ci, devenu, dans le second membre, $G\,d\frac{dr}{ds}$, s'y groupera avec le dernier terme de l'équation $\frac{g\,dx}{G}\frac{dr}{ds}$, où $\frac{g\,dx}{G}$ aura, d'après (9), la valeur dG ; il viendra ainsi $d\left(G\frac{dr}{ds}\right)$. D'autre part, le terme en $\mathfrak{f}$ et $\mathfrak{f}'$ sera

$$\frac{2f}{\rho q}\left(\frac{dx^2}{ds} - r\,d\frac{dr}{ds}\right);$$

et l'on pourra y remplacer dx^2 par $ds^2 - dr^2$, puis observer que $-\frac{dr^2}{ds}$ ou $-\frac{dr}{ds}dr$ se joint à $-r\,d\frac{dr}{ds}$ pour donner $-d\left(r\frac{dr}{ds}\right)$. L'équation étant dès lors

$$d\left[G\frac{dr}{ds} + \frac{2f}{\rho q}\left(s - r\frac{dr}{ds}\right)\right] = 0 \qquad \text{ou} \qquad d\left[\left(G - \frac{2f}{\rho q}r\right)\frac{dr}{ds} + \frac{2f}{\rho q}s\right] = 0,$$

son intégration immédiate fera connaître l'équation différentielle première de la trajectoire, sous la forme

$$\left(G - \frac{2f}{\rho q}r\right)\frac{dr}{ds} = \left(G_0 - \frac{2f}{\rho q}r_0\right)\cos\lambda_0 - \frac{2f}{\rho q}s. \tag{10}$$

VI. De celle-ci, démontrée un peu autrement, j'ai déduit en 1869 (¹) la figure générale de la nappe, que j'ai déterminée ensuite de plus près en effectuant, par des calculs numériques approchés et dans un cas particulier voisin de ceux qu'avait observés Savart, une dernière intégration, dont les résultats sont assez sensiblement conformes à ceux de l'expérience.

Cette première approximation, obtenue en négligeant la viscosité superficielle, pourrait sans doute servir de point de départ à des calculs plus exacts où l'on en tiendrait compte (du moins quand on connaîtra, pour l'eau, les coefficients ε, ε_1) ; et, cela, grâce aux formules (9), (8) de G, $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$, $\mathcal{F}-\mathcal{F}'$ qui fourniraient, des quantités négligées ici, une évaluation approchée. Mais la question ne paraît guère de nature à motiver d'aussi longs calculs.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le fluor dans l'organisme animal. — C. Cerveau, glandes, muscles, sang, lait, excrétions.* Note de MM. **Armand Gautier** et **P. Clausmann.**

Nous avons déjà donné le résumé de nos recherches sur la présence et le dosage du fluor, chez l'animal, dans la peau et ses annexes, l'os, le cartilage, les tendons, etc. (²). Le présent Mémoire est relatif à la détermination de cet élément dans le cerveau, les glandes, les muscles, le sang, le lait, les excrétions.

La méthode suivie a été exposée à l'Académie (³). Elle nous permet de retrouver et doser avec certitude un demi-milligramme de fluor dans 100^g à 200^g d'organes frais ou dans 1000^{cm^3} d'une sécrétion ou excrétion. La précision n'a pour ainsi dire pas de limites quand on opère sur des quantités suffisamment grandes.

Le Tableau qui suit indique, en milligrammes, les quantités de fluor trouvées par nous dans 100 grammes d'organes, frais ou secs. De ces chiffres nous rapprochons les poids, exprimés aussi en milligrammes, d'anhydride phosphorique P^2O^5 ainsi que le poids du phosphore total

(¹) *Comptes rendus*, t. 69, 5 et 12 juillet 1869 ; on trouve beaucoup plus de développements dans mon *Essai sur la théorie des eaux courantes*, p. 639 à 659 (au Tome XXIII du *Recueil des Savants étrangers* ou *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de l'Institut de France*).

(²) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1348 et 1425.

(³) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1469 et 1670.

correspondant accompagnant le fluor. La plupart de ces dosages du phosphore, tous ceux marqués des lettres G et C, ont été obtenus par nous au cours de ce travail et sur les organes mêmes où nous dosions le fluor.

FLUOR ET PHOSPHORE CONTENUS DANS 100g D'ORGANES OU D'EXCRÉTIONS.

(Tous les nombres de ce Tableau sont exprimés en milligrammes.)

Nom des organes, et espèce animale.	Fluor pour 100g d'organes frais.	Fluor pour 100g d'organes secs.	P^2O^5 pour 100g d'organes secs.	P total pour 100g d'organes secs.	Rapport $\frac{F}{P}$.	Observations et remarques.
A. — *Tissus et organes.*						
Cerveau.	mg	mg				
Homme. Lobes cérébraux....	0,70	3,03	»	»	»	Homme de 42 ans; organes sains; mort violente, en pleine santé.
Homme. Cervelet...........	0,63	2,71	»	»	»	
Homme. Bulbe..............	1,89	8,12	»	»	»	
Homme. — Cerveau total : lobes, bulbe et cervelet......	0,71	3,07	»	»	»	
Enfant à sa naissance (fille)..	0,18	1,70	»	»	»	Cerveau total. Enfant né à terme; n'a vécu que 2 heures.
Taureau......................	0,64	2,80	mg 2922 (G. et C.)	mg 1271 (G. et C.)	$\frac{1}{454}$	Cerveau total.
Veau naissant................	0,50	2,15	»	»	»	
Bœuf. Substance grise......	0,80	3,46	4052 (G. et C.)	1769 (G. et C.)	$\frac{1}{511}$	
Bœuf. Substance blanche....	1,10	3,65	4132 (G. et C.)	1804 (G. et C.)	$\frac{1}{494}$	
Thymus.						
Enfant nouveau-né...........	2,60	11,11	»	»	»	
Agneau.......................	1,73	8,80	»	»	»	3 à 4 mois.
Vieil agneau.................	0,93	3,97	5226	2282	$\frac{1}{574}$	P^2O^5 d'après Percival; l'organe était en train de s'atrophier.
Veau.........................	1,05	4,48	»	»	»	
Glande thyroïde.						
Homme........................	0,54	2,12	2284 (G. et C.)	997 (G. et C.)	$\frac{1}{470}$	Homme normal, mort d'accident, 57 ans.
Mouton.......................	0,46	1,62	1302	568	$\frac{1}{350}$	Le P^2O^5 dosé par Percival dans notre laboratoire.
Testicule.						
Homme........................	0,82	4,24	3090 (G. et C.)	1349 (G. et C.)	$\frac{1}{318}$	Homme normal, 57 ans. Mort accidentelle.
Taureau......................	0,66	3,30	3271 (G. et C.)	1428 (G. et C.)	$\frac{1}{433}$	Organe en pleine activité.
Veau.........................	0,23	1,23	3474 (G. et C.)	1517 (G. et C.)	$\frac{1}{1233}$	Organe non encore développé.
Ovaire.						
Brebis.......................	0,36	1,87	»	»	»	
Génisse......................	0,88	5,22	»	»	»	
Corps jaune.						
Vache........................	0,42	2,10	4210	1838	$\frac{1}{875}$	P^2O^5 dosé par Percival.
Glande mammaire.						
Vache........................	0,50	2,50	2070	904	$\frac{1}{362}$	P^2O^5 et P d'après Percival.

Nom des organes, et espèce animale.	Fluor pour 100g d'organes frais.	Fluor pour 100g d'organes secs.	P^2O^5 pour 100g d'organes secs.	P total pour 100g d'organes secs.	Rapport $\frac{F}{P}$.	Observations et remarques
Poumons.	mg	mg	mg	mg		
Homme	0,44	2,44	2073 (G. et C.)	905 (G. et C.)	$\frac{1}{371}$	Homme normal, 57 ans, mort d'accident.
Mouton	0,40	2,05	2235 (G. et C.)	976 (G. et C.)	$\frac{1}{476}$	
Veau naissant	0,46	3,35	»	»	»	
Pancréas.						
Bœuf	0,43	1,54	»	»	»	
Mouton	0,71	2,31	2431	1061	$\frac{1}{459}$	Dosage de P^2O^5 par Percival.
Foie.						
Homme	0,64	2,13	2240 (G. et C.)	978 (G. et C.)	$\frac{1}{459}$	Homme normal 57 ans, mort accidentelle.
Enfant naissant	0,37	1,19	»	»	»	
Porc	0,38	1,27	3501 (G. et C.)	1528 (G. et C.)	$\frac{1}{1203}$	Rapport paraissant anormal.
Mouton	0,47	1,67	2972 (G. et C.)	1297 (G. et C.)	$\frac{1}{776}$	
Veau naissant	0,19	0,86	»	»	»	Nombres un peu approximatifs.
Rate.						
Taureau	0,15	0,60	2280 (G. et C.)	995 (G. et C.)	$\frac{1}{1658}$	P^2O^5 dosé par Percival.
Rein.						
Homme	0,26	0,95	1605 (G. et C.)	701 (G. et C.)	$\frac{1}{737}$	
Taureau	0,56	3,02	3093 (G. et C.)	1350 (G. et C.)	$\frac{1}{450}$	
Mouton	0,28	1,33	2192 (G. et C.)	957 (G. et C.)	$\frac{1}{719}$	
Muscles.						
Homme	0,16	0,57	1871 (G. et C.)	817 (G. et C.)	$\frac{1}{1433}$	Homme de 57 ans normal, mort accidentelle. Chiffres un peu approximatifs pour le fluor.
Taureau	0,04	0,15	»	»	»	Chiffres trop faibles pour qu'on puisse en bien répondre.
Veau naissant	0,10	0,49	»	»	»	Approximativement.
Porc	0,12	0,43	»	»	»	Approximativement.
						Quoique les 4 résultats relatifs au muscle soient considérés comme un peu approximatifs, on remarquera toutefois la concordance générale des chiffres relatifs au fluor des muscles.
Cœur de taureau	0,19	0,84	1386 (G. et C.)	605 (G. et C.)	$\frac{1}{720}$	
Cœur d'enfant naissant	»	0,45	»	»	»	
Estomac.						
Veau naissant	0,08	0,30	»	»	»	Dosage approximatif en raison de la très faible quantité de fluor à doser.
Cristallin.						
Bœuf	0,19	0,49	411 (G. et C.)	179 (G. et C.)	$\frac{1}{363}$	

B. — *Sang. Sécrétions; excrétions.*

Sang.						
Homme	0,46	2,30	650 (G. et C.)	284 (G. et C.)	$\frac{1}{123}$	Homme normal, mort violente par fracture du crâne.
Vache	0,58	3,11	»	»	»	
Génisse	0,73	3,91	»	»	»	

Nom des organes, et espèce animale.	Fluor pour 100g d'organes frais.	Fluor pour 100g d'organes secs.	P^2O^5 pour 100g d'organes secs.	P total pour 100g d'organes secs.	Rapport $\frac{F}{P}$.	Observations et remarques.
Sang (suite).	mg	mg				
Veau	0,80	4,28	»	»	»	Animal de 3 mois environ.
	0,82	4,39	»	»	»	Id.
Bœuf	0,64	3,43	»	»	»	
Fibrine du sang.						
Bœuf	0,88	4,88	»	»	»	
Laits.						
Deux femmes, 19 et 22 ans	0,046	0,36	»	»	»	Femmes normales. Nourrissons de 2 à 11 mois.
Deux autres femmes de 24 et 29 ans	0,051	0,41	»	»	»	Femmes normales. Nourrissons de 5 et de 9 mois.
Lait moyen de ces 4 femmes	0,048	0,38	346mg (G. et C.)	151mg (G. et C.)	$\frac{1}{400}$	4 femmes bien portantes. Enfants ayant 2, 5, 9 et 11 mois. Fluor par litre de lait, moyenne 0mg,49. P. par litre 207mg,0
Vache	0,180	1,30	1405 (G. et C.)	613 (G. et C.)	$\frac{1}{472}$	Fluor par litre de lait 1mg,85. P. par litre 860mg,00
Bile.						
Bœuf	0,13	1,03	1462 (G. et C.)	638 (G. et C.)	$\frac{1}{619}$	
Fèces.						
Homme	0,42	1,48	3262 (G. et C.)	1424 (G. et C.)	$\frac{1}{962}$	Homme de 34 ans, bien portant; nourriture mixte.
Veau	0,15	0,68	»	»	»	
Urines.						
Homme	0,018	0,41	4545 (G. et C.)	1984 (G. et C.)	$\frac{1}{4850}$	Fluor par litre 0mg,18
Vache	0,013	0,19	»	»	»	Fluor par litre 0mg,13
Veau	0,011	0,20	»	»	»	Fluor par litre 0mg,11

Des constatations inscrites dans ce Tableau et des résultats que nous avons antérieurement fait connaître (¹), résultent les conclusions suivantes :

1. Comme le phosphore, le fluor existe dans tous les organes et tissus de l'animal, mais à des degrés très différents.

Les tissus les plus riches sont, en exprimant sa quantité en milligrammes pour 100 grammes de tissu sec normal et à l'état adulte : l'*émail dentaire*, 180mg à 118mg; l'*os* (diaphyse), 87mg à 56mg; l'*épiderme*, 16mg,4. Viennent ensuite les *cheveux* et les *poils*, 19mg,7 à 13mg; le *thymus*, 11mg à 4mg; le *testicule*

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1348 et 1425.

(adulte), $3^{mg},3$ à $4^{mg},2$; le *sang*, $4^{mg},4$ à $2^{mg},5$; le *cerveau* (hémisphères), 3^{mg}.

Les organes les plus pauvres sont : le *cartilage*, $1^{mg},5$ à $0^{mg},3$ pour 100^{g} secs; les *tendons*, $0^{mg},35$; le *muscle*, $0^{mg},6$ à $0^{mg},15$.

Les excrétions, urines et fèces, sont extrêmement pauvres en fluor.

2. Les chiffres du Tableau précédent, calculés pour 100^{g} de matière sèche, établissent que les variations du fluor s'étendent de 180^{mg} (*émail*) à $0^{mg},15$ (*muscle*), c'est-à-dire qu'il est des organes ou tissus qui contiennent 1200 fois plus de fluor que d'autres. Il y a donc localisation très accentuée du fluor dans quelques-uns d'entre eux, pauvreté dans d'autres.

3. Si l'on rapporte les poids de fluor, non plus à celui des organes, mais au poids du phosphore total contenu dans un même poids de ces organes, tissus ou sécrétions, on trouve que le fluor ne varie dès lors plus que dans des limites assez étroites. Voici, comme exemples, les quantités de phosphore associées, dans les organes les plus divers, à 1 partie de fluor :

	Rapport $\frac{P}{F}$.
Substance cérébrale blanche	494
» grise	511
Foie humain	459
Rein humain	737
Rein de taureau	450
Glande thyroïde humaine	470
Thymus	574
Testicule humain	318
» de taureau	432
Glande mammaire (vache)	362
Cœur de taureau	720
Poumon de mouton	776
Lait de femme	400
» de vache	472

On voit que, dans tous ces cas, les quantités de phosphore trouvé dans les organes les plus divers rapportées à 1 partie de fluor diffèrent à peine du simple au double.

D'autres organes, il est vrai, présentent des rapports différents, mais qui ne vont pas au delà du simple au triple, si l'on exclut les organes non *encore formés de très jeunes animaux*, les *excrétions* proprement dites, très pauvres

en fluor, et l'émail et les diaphyses osseuses et le sang qui en sont particulièrement riches.

De tous les tissus, les plus riches en fluor par rapport au phosphore sont l'émail (1 partie F. pour 163 P.) et le sang (1 partie F. pour 123 P.).

4. Il suit de ces remarques que le fluor accompagne, dans tous les organes de l'économie, le phosphore auquel il semble lié. Sans lui être proportionnel, il croît toujours avec lui. Il paraît suivre, plus particulièrement encore, le sort des phosphates alcalino-terreux, comme on le voit clairement pour l'émail des dents, les os, le lait. Dans les os, il croît de l'épiphyse à la diaphyse comme croissent les phosphates terreux. Dans le lait, il augmente avec ces mêmes phosphates et leur est presque proportionnel :

	F.	P^2O^5.
	mg	mg
Pour 100g extrait sec lait de femme	0,38	346
» » lait de vache	1,30	1405

5. Dans les diverses régions d'un même tissu le fluor peut différer notablement; tel est le cas des diaphyses osseuses beaucoup plus riches en fluor que les épiphyses, du bulbe plus riche que le reste de l'encéphale.

6. Dans un même organe la quantité de fluor varie beaucoup avec l'âge; il augmente généralement jusqu'à l'âge adulte de l'individu, de l'organe ou du tissu, et diminue quand ceux-ci dégénèrent ou vieillissent; c'est le cas du thymus de l'agneau comparé à celui du mouton, du testicule du jeune animal comparé à celui de l'adulte, des poils et cheveux du jeune homme par rapport à ceux du vieillard (1), etc.

7. Le tissu musculaire est remarquablement pauvre en fluor. La rate et l'estomac peuvent en être rapprochés.

8. Le thymus est, après les os, les dents et autres annexes de la peau, un des organes les plus riches en fluor, comme il l'est aussi en phosphore. Mais le fluor disparaît ici rapidement, comme décroît le phosphore à mesure, que l'animal grandit.

9. La matière cérébrale grise contient presque autant de fluor que la

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 156, p. 1427.

blanche. La moelle allongée est singulièrement plus riche en fluor que la substance de l'encéphale.

10. La quantité de fluor du poumon s'est montrée relativement constante chez tous les animaux observés.

11. Le sang est relativement riche en fluor, $3^{mg},5$ environ pour 100 d'extrait sec. Sa quantité varie peu dans les diverses espèces animales.

12. Le fluor n'existe qu'en faible proportion dans le lait de femme; il paraît peu varier avec l'âge du lait et de la jeune femme. Comme les phosphates, il est quatre fois plus abondant dans celui de vache, ainsi qu'on l'a dit plus haut.

13. D'un petit nombre de constatations faites par nous, il résulte que les urines n'emportent chez l'homme que $0^{mg},23$ de fluor par jour, ou $0^{mg},18$ par litre; chez la vache, $0^{mg},13$; chez le veau, $0^{mg},11$. Ces quantités sont donc très faibles chez l'herbivore comme chez l'omnivore.

Les fèces humaines contiennent $0^{mg},42$ de fluor par 100^{g} à l'état naturel soit, par jour, $0^{mg},80$ environ. Chez l'homme la perte journalière, par ces deux excrétions, est donc :

Urine...	1275^{cm^3}	*Fluor*...	$0^{mg},23$
Fèces...	195^{g} (humides)	*Fluor*...	0,80
Perte journalière en fluor par ces deux excrétions..			$1^{mg},03$

Le fluor fourni par les aliments dépasse beaucoup, comme on le verra, un milligramme par jour; c'est qu'il se perd aussi par desquamation épithéliale, chute des poils et des cheveux, poussée des ongles, etc.

Avant les présentes recherches on ne savait à peu près rien des quantités et du rôle du fluor chez l'animal.

Après avoir établi la statistique précédente, nous montrerons bientôt comment le fluor s'introduit dans l'économie animale par l'alimentation. Il nous suffit pour le moment d'avoir montré son rôle remarquable de satellite du phosphore qu'il accompagne dans les tissus vivants, comme il le fait si souvent dans le règne minéral, satisfaisant ainsi à l'une des affinités les plus singulières de l'édifice complexe des phosphates et phosphatides naturels. Il semble jouer le rôle de *sensibilisateur* vis-à-vis de ces substances et permettre aux composés phosphorés de se fixer dans les tissus.

CORRESPONDANCE.

M. G. **Charpy**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. H. **Agulhon**, J. **Becquerel**, Ch. **Bivort**, J. **Bosler**, H. **Buisson**, E. **Demoussy**, **Dubard**, L. **Dunoyer**, Ch. **Fabry**, Ét. **Foëx**, A. **Fowler**, P. **Hariot**, J. **Molk**, Rod. **Soreau** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions qui ont été accordées à leurs travaux.

Mme veuve **Charles André** adresse également des remercîments.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Compte rendu annuel des travaux exécutés par le* Service géographique de l'Indo-Chine *en* 1912.

2° Le Tome LXI des *Archives de Médecine et de Pharmacie militaires*, publiées par ordre du Ministère de la Guerre.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'énergie des nébuleuses et le principe de Carnot*. Note [1] de M. H. **Block**, présentée par M. H. Deslandres.

On connaît la théorie de M. Arrhenius [2] d'après laquelle le principe de Carnot ne serait pas applicable aux nébuleuses gazeuses. Grâce à la faible valeur de la pesanteur, les molécules animées de grandes vitesses s'échapperont de la nébuleuse et formeront un ensemble plus chaud, tandis que la nébuleuse, ne gardant que les molécules à petite vitesse, se refroidira. Dans le dernier numéro de l'*Astrophysical Journal* (t. XXXVII, p. 297), M. Schwarzschild a publié à ce sujet un calcul très intéressant. Il est arrivé à ce résultat remarquable que la partie échappée aura une température plus basse que la température initiale de la nébuleuse. On voit

(1) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

(2) *L'évolution des mondes*, Chap. VII.

donc le grand intérêt qu'il y a à soumettre ces questions à une étude mathématique, et c'est pourquoi j'ai cru utile de pousser un peu plus loin les calculs de M. Schwarzschild.

Considérons avec M. Schwarzschild une partie de la nébuleuse près de la surface et supposons que les vitesses des molécules y soient réparties suivant la loi de Maxwell.

Soit donc $e^{-a^2v^2}v^2\,dv$ la masse des molécules dont la vitesse est comprise entre v et $v+dv$. La température T en ce point est donnée par

$$T = \frac{1}{2}\frac{\int_0^\infty e^{-a^2v^2}v^4\,dv}{\int_0^\infty e^{-a^2v^2}v^2\,dv} = \frac{3}{4a^2}.$$

Si le potentiel dû à la gravitation est égal à $\frac{1}{2}k^2$, les molécules dont la vitesse dépasse k vont s'échapper. Leur vitesse finale sera $w=\sqrt{v^2-k^2}$, et la température de la partie échappée sera

$$T' = \frac{1}{2}\frac{\int_k^\infty e^{-a^2v^2}v^2(v^2-k^2)\,dv}{\int_k^\infty e^{-a^2v^2}v^2\,dv} = \frac{3}{4a^2} + \frac{k^3 e^{-a^2k^2}}{4a^2\int_k^\infty e^{-a^2v^2}v^2\,dv} - \frac{k^2}{2}.$$

La masse qui reste va prendre la température

$$T'' = \frac{1}{2}\frac{\int_0^k e^{-a^2v^2}v^4\,dv}{\int_0^k e^{-a^2v^2}v^2\,dv} = \frac{3}{4a^2} - \frac{k^3 e^{-a^2k^2}}{4a^2\int_0^k e^{-a^2v^2}v^2\,dv}.$$

A l'aide de ces expressions, on démontre facilement que $T > T'$; le résultat de M. Schwarzschild se trouve ainsi vérifié. On trouve d'autre part pour $k=\infty$

$$T''-T' = \frac{1}{4a^2} > 0,$$

et pour $k=0$

$$T''-T' = -\frac{3}{4a^2} < 0.$$

Pour des valeurs suffisamment petites de k, la température finale des molécules échappées est donc plus élevée que la température finale de l'endroit d'où elles sont parties; pour k très grand, c'est l'inverse qui a lieu.

En tout cas, la masse échappée se refroidira, et aussi celle qui reste. Tout de même, l'état final de l'énergie est plus favorable que l'état initial, car nous avons gagné l'énergie potentielle

$$P = \frac{1}{2} k^2 \int_k^\infty e^{-a^2 v^2} v^2 \, dv.$$

En outre, la différence entre les températures T′ et T″ représente une répartition plus favorable de l'énergie.

Pour nous rendre compte de l'effet du phénomène, examinons l'expression de l'énergie potentielle immédiatement gagnée. P, toujours positif, est nul pour $k = 0$ comme pour $k = \infty$; P doit donc avoir un maximum pour une valeur positive de k. Ce maximum est atteint pour

$$k \int_k^\infty e^{-a^2 v^2} v^2 \, dv = \frac{1}{2} k^4 e^{-a^2 k^2}.$$

On démontre sans difficulté que cette équation a une racine positive et une seule; sa valeur se trouve être $k = \frac{1,142}{a}$. La valeur correspondante de P est $\frac{0,132}{a^5}$. Comparons cette valeur à l'énergie totale $E = \frac{3\sqrt{\pi}}{16\, a^5}$; nous trouvons $P = 0,397\ E$. Si l'on calcule pour la même valeur de k les températures T′ et T″, on obtient T : T′ : T″ = 1 : 0,797 : 0,441. On trouve en outre que le nombre des molécules échappées est au nombre des molécules restées dans le rapport 0,456 : 0,544.

Quelles doivent être les dimensions d'une nébuleuse sphérique pour que ces conditions soient réalisées? Si la nébuleuse se compose d'hydrogène à une température absolue de 50°, la vitesse moyenne quadratique des molécules est 789 m : sec environ. On en déduit la valeur la plus favorable de la vitesse critique k; on trouve $k = 736$ m : sec. La valeur correspondante du rayon de la nébuleuse est 3250 M, où M est la masse de la nébuleuse en masses solaires; l'unité de longueur est le rayon de l'orbite terrestre.

Bien que le phénomène signalé par M. Arrhenius ne soit donc pas capable d'échauffer une partie de la nébuleuse aux dépens de l'autre, il peut, dans des circonstances favorables, convertir directement des quantités considérables d'énergie thermique en énergie plus utile.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur le magnétisme général du Soleil.* Note (¹) de M. **Kr. Birkeland.**

Nous allons montrer d'abord que l'émission d'ions et d'électrons du Soleil produit, jusqu'à un certain point, une augmentation du magnétisme solaire, que la direction du champ existant soit dans le sens de la direction de la Terre ou, comme je l'ai déduit, en sens inverse.

Supposons une sphère magnétique émettant des rayons corpusculaires. Dans les régions avoisinant les pôles, la radiation peut s'échapper vers l'infini en passant assez près des lignes de force magnétiques. Or, pour des rayons dans l'équateur, la force magnétique est normale à l'orbite des corpuscules de rayons et, à moins de certaines conditions, la radiation ne pourra s'échapper vers l'infini. L'analyse mathématique nous donne ce résultat très simple :

Si la radiation électrique émanant de la surface de la sphère dans le plan de son équateur magnétique, et soumise seulement à l'influence magnétique de la sphère, arrive à une distance supérieure à 2,414 fois son rayon, cette radiation ne pourra jamais retourner à la sphère, mais devra aller vers l'infini. Ce résultat est indépendant du moment magnétique de la sphère et de la rigidité magnétique des rayons corpusculaires.

Pour qu'une radiation normale sur la surface solaire puisse partir vers l'infini, il faut que

$$M < 1,96 \times 10^{22}\,H.\rho.$$

Si les rayons s'échappent dans la direction $\theta = \frac{\pi}{2}$, on a

$$M < 2,86 \times 10^{22}\,H.\rho.$$

Pour les rayons β les plus rigides, émis normalement, nous trouvons M moins grand que $0,9 \times 10^{26}$ C. G. S. et, pour les rayons α, M moins grand que 8×10^{27}.

Dans ma Note (*Comptes rendus*, 24 janvier 1910) j'ai été amené à estimer que M pour le Soleil est de l'ordre 10^{28} et que l'aimantation est en sens inverse de celle de la Terre.

$H.\rho$ doit alors être plus grand que 5×10^5, pour que les rayons normalement émanés puissent s'échapper vers l'infini.

(¹) Reçue dans la séance du 30 juin 1913.

Des recherches approfondies sur les orages magnétiques et les aurores polaires m'ont démontré qu'il doit exister des précipitations de rayons hélio-cathodiques dans la ceinture maximum des aurores, et que, pour ces rayons, $H.\rho$ est égal à 3 millions C. G. S. environ. A mon avis, ce résultat peut être considéré comme ayant la valeur d'un fait expérimental.

Schuster a trouvé (¹) que des faisceaux nettement limités de rayons cathodiques éventuellement émanés du Soleil seront dissipés avant d'arriver à la Terre. J'ai démontré que les objections de l'éminent savant anglais n'infirmaient aucunement mes théories.

D'autre part, si la valeur de l'intensité magnétique solaire, 440 fois celle de la Terre, valeur signalée par Schuster sous certaines hypothèses à examiner (²), était exacte, les rayons hélio-cathodiques devraient avoir le produit $H.\rho$ supérieur à 10^{12} C. G. S., ce qui diffère énormément de 3.10^6 trouvé par moi.

Admettons cependant ma valeur 10^{28} pour M par exemple. Tous les rayons, positifs ou négatifs, pour lesquels le produit $H.\rho$ est inférieur à 5×10^5 sont obligés ou de revenir sur le Soleil après un certain parcours, ou de filer autour du Soleil près de son équateur, les rayons négatifs dans le sens des aiguilles d'une montre vue d'au-dessus du pôle nord magnétique, les rayons positifs en sens inverse.

Les deux espèces de rayons vont donc, comme nous l'avons dit en commençant, augmenter le magnétisme solaire.

Les expériences que j'ai faites avec un globe-cathode magnétique, dans de grands vases à faire le vide, ont fourni beaucoup d'enseignements précieux sur la manière dont circulent les rayons autour du globe. Si l'aimantation est assez faible, on voit par exemple les rayons suffisamment éloignés du globe se développer richement dans l'équateur magnétique et dessiner des bandes phosphorescentes sur les parois de verre. Voir la figure de ma Note (*Comptes rendus*, 4 novembre 1912).

Mais, si l'on augmente l'aimantation, on arrive à un point critique, où subitement les rayons cessent de s'éloigner du globe, mais commencent à circuler autour de celui-ci, en formant un cylindre lumineux pour ainsi dire entourant le globe à une distance qui, conforme à la théorie, a toujours été constatée inférieure à 2,5 fois son rayon. Voir les figures 4 et 5 de ma Note (*Comptes rendus*, 21 août 1911). Avec une aimantation du globe

---

(¹) Schuster, *The origin of magnetic storms* (*Proc. of Roy. Soc.*, 1911).

(²) Schuster, *Proc. Phys. Soc. London*, 15 avril 1912.

encore plus forte, ce cylindre lumineux se transforme en *anneau de Saturne*.

Les figures 4 et 5 mentionnées montrent une belle expérience, où les taches d'éruption électrique comme les taches solaires se rangent en deux bandes parallèles à l'équateur. Si l'on augmente l'aimantation du globe-cathode, ces bandes peuvent se rapprocher de l'équateur. Les taches se rangent tout aussi bien si l'aimantation est produite par une bobine à l'*intérieur* du globe-cathode que si l'on emploie une bobine *extérieure* en forme de tore, concentrique au globe-cathode.

Ceci nous donne l'idée que ce sont les courants circulant *en dehors du Soleil*, à une distance relativement petite, qui jouent un très grand rôle dans le magnétisme solaire et qui constituent sa cause primitive.

Les mouvements en latitude des taches solaires semblent demander pour être expliqués que le magnétisme du Soleil soit variable, avec période undécennale et avec minimum dans les années minimum des taches. Pour plus amples informations sur ces idées, je renvoie à une autre publication (1).

Tâchons maintenant de nous imaginer comment s'aimantera par suite de sa rotation un soleil originairement non magnétique, mais négatif par rapport à l'espace ambiant et émettant des corpuscules positifs et négatifs. On doit admettre que, dans ce cas, les rayons positifs ont généralement une vitesse moindre que les rayons négatifs. Avec une rotation comme celle de notre Soleil, les rayons positifs auront donc vers l'Est une plus grande déviation que les rayons négatifs et, par suite de l'attraction, ils chercheront aussi à retomber sur le Soleil fortement négatif. Les rayons positifs circulent donc en somme de manière à produire une aimantation inverse de celle de la Terre; les rayons négatifs se trouvent à leur tour recourbés par le magnétisme vers l'Ouest et vont, eux aussi, contribuer à la même aimantation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles*. Note de M. **Robinson**.

La présente Note contient les énoncés de deux résultats, l'un général, l'autre particulier, concernant les systèmes d'équations aux dérivées partielles.

---

(1) Birkeland, *De l'origine des mondes* (*Arch. de Genève*, n° 6, 15 juin 1913).

I. Dans une Note présentée à l'Académie le 14 avril 1913, M. Gunther cite un exemple qui montre qu'un système d'équations aux dérivées partielles ne peut pas toujours être ramené, par le changement des variable indépendantes, à la forme canonique de M. Delassus. La proposition suivante, que j'ai pu établir, prouve l'existence d'une forme canonique plus générale à laquelle tout système est ainsi réductible :

Étant donné un système quelconque d'équations aux dérivées partielles, on peut toujours, par un changement linéaire et homogène des variables indépendantes, suivi d'une résolution par rapport à certaines dérivées, le transformer (sauf le cas d'incompatibilité) en un système complètement intégrable où les conditions initiales présentent une disposition régulière.

On peut établir la convergence des développements des intégrales en utilisant la méthode de M. Delassus, et fixer les conditions initiales de la même manière [1].

II. En remplaçant les paramètres u, v par des fonctions de nouveaux paramètres w_1, w_2, on peut, de plusieurs manières, ramener l'expression

$$E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2 \tag{1}$$

à la forme

$$\lambda(dw_1^2 + dw_2^2), \tag{2}$$

où λ désigne une fonction de w_1, w_2 : or il est utile, en vue de certaines applications géométriques [2], de savoir si l'expression (2) peut à son tour être ramenée à la forme

$$dx^2 + 2\frac{\partial w_3}{\partial x}dx\,dy + 2\frac{\partial w_3}{\partial y}dy^2, \tag{3}$$

où w_3 désigne une fonction à déterminer.

Si l'on pose

$$\partial w_1 = \frac{\partial w_1}{\partial x}dx + \frac{\partial w_1}{\partial y}dy,$$

$$\partial w_2 = \frac{\partial w_2}{\partial x}dx + \frac{\partial w_2}{\partial y}dy,$$

---

[1] Une démonstration détaillée de ce résultat paraîtra prochainement.

[2] EISENHART, *Differential Geometry*, p. 360.

les conditions pour que l'expression (2) prenne la forme (3) sont

$$\lambda\left[\left(\frac{\partial w_1}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w_2}{\partial x}\right)^2\right]=1,$$

$$\lambda\left[\frac{\partial w_1}{\partial x}\frac{\partial w_1}{\partial y}+\frac{\partial w_2}{\partial x}\frac{\partial w_2}{\partial y}\right]=\frac{\partial w_3}{\partial x},$$

$$\frac{1}{2}\lambda\left[\left(\frac{\partial w_1}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial w_2}{\partial y}\right)^2\right]=\frac{\partial w_3}{\partial y}.$$

Le système ci-dessus ne peut pas être ramené, par le changement des variables indépendantes, à un système de Mme de Kowalevsky; mais sa réduction à une forme orthonome et passive peut facilement s'effectuer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de la sommation de Riemann* (¹). Note de M. **Th. Anghelutza**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 5 mai 1913) j'ai montré qu'une partie des séries exponentielles de Cauchy peuvent être sommées par tout procédé applicable à la série de Fourier, et en particulier par la moyenne arithmétique de Césaro. Alors M. Picard m'a fait remarquer qu'une sommation exponentielle semble plus adéquate.

Le but de cette Note est de montrer qu'il en est ainsi.

J'emploie les mêmes notations que dans la Note indiquée.

Considérons la série

$$E=-\sum\frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)}e^{\lambda x}\left(\frac{e^{\lambda\alpha}-e^{-\lambda\alpha}}{2\lambda\alpha}\right)^2\int_0^{2a}e^{-\lambda\mu}f(\mu)\,d\mu,$$

obtenue en multipliant chaque terme de la série de Cauchy par le facteur

$$\left(\frac{e^{\lambda\alpha}-e^{-\lambda\alpha}}{2\lambda\alpha}\right)^2,$$

qui tend vers 1 quand α tend vers zéro.

Je veux montrer que la limite de E pour $\alpha=0$ est

$$\frac{f(x+0)+f(x-0)}{2},$$

(¹) Riemann, *Œuvres mathématiques*, trad. Laugel, p. 225.

x étant dans l'intervalle $(0, 2a)$ et $f(x)$ étant une fonction bornée et intégrable.

En effet, on peut écrire

$$E = -\int_0^{a-\frac{x}{2}} f(x+2\gamma) \sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} \left(\frac{e^{\lambda(\alpha-\gamma)} - e^{-\lambda(\alpha+\gamma)}}{2\lambda\alpha} \right)^2 d\gamma$$
$$- \int_0^{\frac{x}{2}} f(x+2\gamma) \sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} \left(\frac{e^{\lambda(\alpha-\gamma)} - e^{-\lambda(\alpha+\gamma)}}{2\lambda\alpha} \right)^2 d\gamma.$$

D'autre part, on a

$$(1) \quad \begin{cases} \sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} \left(\frac{e^{\lambda(\alpha-\gamma)} - e^{-\lambda(\alpha+\gamma)}}{2\lambda\alpha} \right)^2 = 0, \\ \sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} \left(\frac{e^{\lambda(\alpha+\gamma)} - e^{-\lambda(\alpha-\gamma)}}{2\lambda\alpha} \right)^2 = 0, \end{cases}$$

si $\alpha < \gamma < a$; et si $0 < \gamma < \alpha$, on a

$$(2) \quad \begin{cases} -\sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} \left(\frac{e^{\lambda(\alpha-\gamma)} - e^{-\lambda(\alpha+\gamma)}}{2\lambda\alpha} \right)^2 = \frac{\alpha-\gamma}{\alpha^2}, \\ -\sum \frac{\psi(\lambda)}{\pi'(\lambda)} \left(\frac{e^{\lambda(\alpha-\gamma)} - e^{-\lambda(\alpha-\gamma)}}{2\lambda\alpha} \right)^2 = \frac{\alpha-\gamma}{\alpha^2}, \end{cases}$$

en supposant α assez petit.

Par suite

$$\lim_{\alpha=0} E = \frac{f(x+0) + f(x-0)}{2}.$$

Quant aux égalités (1) et (2), on les démontre en s'appuyant sur les identités données par M. Picard (¹) et sur les suivantes, faciles à établir,

$$\sum \frac{\psi(\lambda)}{\lambda\pi'(\lambda)} = \frac{1}{2} - \frac{\psi(0)}{\pi(0)},$$
$$\sum \frac{\psi(\lambda)}{\lambda^2\pi'(\lambda)} = A,$$
$$\sum \frac{\psi(\lambda)}{\lambda^2\pi'(\lambda)} e^{\lambda(x-x_0)} = A + \frac{\psi(0)}{\pi(0)}(x_0 - x),$$
$$\sum \frac{\psi(\lambda)}{\lambda^2\pi'(\lambda)} e^{\lambda(x-x_1)} = A + \frac{\pi(0)-\psi(0)}{\pi(0)}(x - x_1),$$

(¹) *Sur les développements de Cauchy en séries exponentielles et sur certaines identités remarquables* (*Bulletin des Sciences mathématiques*, t. XXXVII, 1913).

où A est le résidu de $\frac{\psi(z)}{z^2\pi(z)}$ relatif à $z=0$. J'ai considéré ici le cas $\pi(0)\neq 0$. Le cas $\pi(0)=0$ se traite de la même manière. On voit l'importance des identités de M. Picard dans l'étude de la série de Cauchy. Une autre conséquence, c'est qu'on peut intégrer une série de Cauchy terme à terme, avec la seule condition que $f(x)$ soit bornée et intégrable; de ce résultat on peut déduire la sommation.

On peut prendre, comme facteur de sommation,

$$\left(\frac{e^{\lambda\alpha}-e^{-\lambda\alpha}}{2\lambda\alpha}\right)^p,$$

où p est un entier positif; j'ai pris $p=2$, car pour la série de Fourier on trouve la sommation de Riemann. Dans cette sommation, la célèbre série

$$1-1+1-\ldots$$

a pour somme $\frac{1}{2}$, comme dans les autres sommations.

PHYSIQUE. — *Remarques sur une forme de la vitesse de propagation du son dans un fluide homogène.* Note de M. **Ariès**, présentée par M. Vieille.

Il est toujours utile de transformer une formule générale et de forme trop abstraite, pour l'exprimer en fonction des seuls coefficients en usage dans la Physique expérimentale. On évitera souvent ainsi l'introduction d'hypothèses surabondantes à ceux qui voudront faire l'application de cette formule à des cas spéciaux et plus simples.

La formule qui donne la vitesse ω du son dans un corps homogène et isotrope, fluide ou solide,

$$\omega=\sqrt{\frac{dp}{d\rho}}$$

est un exemple qui montre l'intérêt de cette précaution.

La relation qui relie la pression p à la densité ρ est ordinairement définie par l'hypothèse que la compression et la détente de toute tranche de masse déterminée, traversée par l'onde sonore, s'effectue par voie adiabatique. Nous remplacerons donc $\frac{dp}{d\rho}$, suivant une notation en usage, par $\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_S$, S désignant l'entropie de la tranche en question dont le volume sera plus

loin représenté par v, et nous poserons

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_S}. \tag{1}$$

Sans soumettre cette formule à aucune transformation préalable, qui n'aurait pas été inutile cependant, on peut l'appliquer de suite aux gaz parfaits, c'est-à-dire aux corps observant les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, en faisant appel toutefois à la loi qui régit les transformations adiabatiques de ces corps, quand on suppose constantes leurs deux chaleurs spécifiques C_p et C_v. Cette loi s'exprime par l'équation

$$p = K\rho^m,$$

m étant le rapport $\frac{C_p}{C_v}$. L'expression (1) prend alors la forme bien connue depuis Laplace

$$\omega = \sqrt{m\frac{p}{\rho}} \tag{2}$$

qui est encore aujourd'hui la formule classique de la vitesse du son dans les gaz.

Or cette formule s'applique à un cas bien plus général que celui qui vient d'être indiqué. On le voit aisément, après avoir transformé la formule (1), ou toute autre équivalente qu'on en déduit, telle que la formule connue ([1])

$$\omega = \sqrt{-v^2 m\left(\frac{dp}{dv}\right)_T}$$

qui elle aussi, quoique contenant d'une façon explicite le rapport m des chaleurs spécifiques, ne se présente pas encore sous une forme suffisamment concrète. La transformation à opérer est des plus simples en partant, par exemple, de la formule (1).

On a identiquement, en observant que $v\rho$ est constant,

$$\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_S = \left(\frac{dp}{dv}\right)_S \frac{dv}{d\rho} = -\left(\frac{dp}{dv}\right)_S \frac{v}{\rho} = \frac{1}{\rho\varepsilon_S}, \tag{3}$$

ε_S étant le coefficient de compressibilité adiabatique qui définit l'expression $-\frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dp}\right)_S$.

([1]) P. Duhem, *Traité élémentaire de Mécanique chimique*, t. I, p. 42, formule (36).

La formule de Reech

$$\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_S} = \frac{C_p}{C_v} = m,$$

dans laquelle ε_T est le coefficient de compressibilité isotherme, et la formule également connue

$$\alpha_p = p\,\alpha_v\,\varepsilon_T.$$

dans laquelle α_p et α_v sont les deux coefficients de dilatation à pression constante et à volume constant, permettent de remplacer l'expression (3) par la suivante

$$\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_S = \frac{p}{\rho}\,\frac{\alpha_v}{\alpha_p};$$

ce qui nous donne, pour la vitesse ω du son, la formule que nous avions en vue, et qui nous semble intéressante

$$(4) \qquad \omega = \sqrt{m\frac{p}{\rho}\,\frac{\alpha_v}{\alpha_p}}.$$

Elle convient aux fluides homogènes, liquides, vapeurs ou gaz réels, et ne contient plus que les paramètres physiques en usage, donnés par l'expérience. On voit bien ici que, pour un gaz parfait, la valeur (2) de ω se confond avec celle que donne la formule (4), puisque alors $\alpha_p = \alpha_v$.

Il suffit même de faire cette dernière hypothèse pour que la formule (2) soit applicable. Or elle revient à poser

$$\frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dT}\right)_p = \frac{1}{p}\left(\frac{dp}{dT}\right)_v;$$

ce qui donne par intégration

$$pv = f(T) \qquad \text{(loi de Mariotte).}$$

La formule (2) est donc valable pour un cas bien plus étendu que celui qui avait été admis jusqu'ici. S'il s'agit d'un gaz parfait, C_p et C_v sont, en principe, des fonctions de la température : l'hypothèse de Clausius que ce sont des constantes n'est pas nécessaire. Il n'est même pas nécessaire que le corps soit un gaz parfait, il suffit qu'il obéisse à la loi de Mariotte, et à cette loi seulement, ses deux chaleurs spécifiques restant des fonctions de la température et même de la pression.

Ces résultats nous paraissent mériter l'attention, principalement de ceux qui s'occupent de la théorie des explosifs.

PHYSIQUE. — *Nouvelles formes de l'équation caractéristique des gaz.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note [2], nous avons obtenu la loi de compressibilité des gaz à température constante. Nous allons étendre l'étude des coefficients de dilatation au cas des températures variables.

Considérons l'équation différentielle générale de transformation des gaz

$$\frac{dv}{v} = \alpha\, dt - \frac{\alpha}{\beta}\frac{dp}{p}, \tag{1}$$

où α et β sont les coefficients de dilatation, fonction chacun de la pression (p) et la température (t); v est le volume du gaz considéré

$$\frac{\alpha}{\beta} = 1 - bp - cp^2 - \ldots, \tag{2}$$

$$\alpha = a_0 + a_1 p + \frac{a_2}{2} p^2 + \frac{a_3}{3} p^3 + \ldots, \tag{3}$$

$b, c, \ldots; a_0, a_1, a_2, \ldots$ sont des fonctions de la température seule.

La condition d'intégrabilité de (1) donne

$$\frac{\partial \alpha}{\partial p} = -\frac{1}{p}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right), \tag{4}$$

$$p\frac{\partial \alpha}{\partial p} = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right); \tag{5}$$

mais, en prenant la dérivée des deux fonctions (2) et (3) par rapport respectivement à la température et à la pression, on a

$$\frac{\partial \alpha}{\partial p} = a_1 + a_2 p + a_3 p^2 + \ldots, \tag{6}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) = -p\frac{\partial b}{\partial t} - p^2\frac{\partial c}{\partial t} - \ldots. \tag{7}$$

En portant (6) et (7) dans (5), on trouve

$$a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + \ldots = p\frac{\partial b}{\partial t} + p^2\frac{\partial c}{\partial t} + \ldots, \tag{8}$$

d'où

$$a_1 = \frac{\partial b}{\partial t}, \qquad a_2 = \frac{\partial c}{\partial t}, \qquad \ldots \tag{9}$$

---

(1) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 23 juin 1913.

ou bien

$$(10)\qquad \int_{t_0}^{t} a_1\,dt = b_t - b_{t_0}, \qquad \int_{t_0}^{t} a_2\,dt = c_t - c_{t_0}, \qquad \ldots,$$

En intégrant l'équation (1), on a

$$(11)\qquad \log v = \text{const.} + \int_{t_0}^{t} \alpha\,dt - \int \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)_{t_0} \frac{dp}{p}$$

ou

$$(12)\qquad \log v = \text{const.} + \int_{t_0}^{t} a_0\,dt + p\int_{t_0}^{t} a_1\,dt + \ldots - \log p + b_{t_0} p + c_{t_0}\frac{p^2}{2} + \ldots;$$

d'où, en tenant compte des équations (10), on a

$$(13)\qquad \log v = \text{const.} + \int_{t_0}^{t} a_0\,dt + p(b_t - b_{t_0}) + \frac{p^2}{2}(c_t - c_{t_0}) + \ldots - \log p + p b_{t_0} + \frac{p^2}{2} c_{t_0} + \ldots,$$

ou bien

$$(14)\qquad \log p v = \text{const.} + \int_{t_0}^{t} a_0\,dt + p b_t + \frac{p^2}{2} c_t + \ldots,$$

d'où enfin

$$(15)\qquad p v = \mathrm{A}\, e^{\int_{t_0}^{t} a_0\,dt + bp + \frac{c}{2}p^2 + \ldots},$$

où A est une constante et e la base des logarithmes naturels.

Pour rendre applicable l'équation (15), remarquons que les coefficients c, d, ... sont très petits et qu'on peut les négliger dans les calculs jusqu'à 50^{atm}, sans erreur sensible.

D'après les expériences de Witkowski, faites sur l'hydrogène entre -212° et $+100^\circ$, on trouve

t.......	-212°.	-183°.	-147°.	-104°.	-77°.	0°.	100°.
b......	$-0{,}00317$	$0{,}0000$	$0{,}00058$	$0{,}00074$	$0{,}0007$	$0{,}00058$	$0{,}0005$

On voit qu'au-dessus de -104°, b varie peu (1.10^{-6} environ par degré). Par conséquent, dans les calculs, on peut négliger cette variation. C'est-à-dire que la variation de la fonction vp avec t ne dépendra pratiquement que de $\int a_0\,dt$.

Or on sait que α [équation (3)] est considéré comme constant par rapport à la température; en admettant ceci, on a

$$(16)\qquad vp = \mathrm{A}\, e^{at+bp},$$

a représente le coefficient de dilatation (0,00366) et b se calcule au moyen des données citées plus haut.

L'équation (16) représentera les transformations de l'hydrogène entre 0^{atm} et 50^{atm} et de $-100°$ à $+100°$ et au-dessus.

En prenant pour variables indépendantes v et t et en supposant que

$$\frac{\beta}{\alpha} = 1 - \frac{b_1}{v} + \frac{c_1}{v^2} - \ldots, \tag{17}$$

$$\beta = a_0 + \frac{a'_1}{v} + \frac{a'_2}{v^2} + \ldots, \tag{18}$$

on trouve l'équation caractéristique

$$vp = A\,e^{\int a_0\,dt + \frac{b_1}{v} + \frac{c_1}{v^2} + \ldots}, \tag{19}$$

et la condition d'intégrabilité de l'équation différentielle

$$\frac{dp}{p} = \beta\,dt - \frac{\beta}{\alpha}\frac{dv}{v} \tag{20}$$

donnera les lois analogues aux (9) et (10) qui lient les coefficients de $\frac{\alpha}{\beta}$ et α. La loi (19), qui est la même que (15), est très rapprochée de celle de Dieterici; en effet, on trouve en se bornant aux deux termes du développement de $\frac{\beta}{\alpha}$

$$vp = \varphi(t)\,e^{f(t)\frac{1}{v}}, \tag{21}$$

et la loi de Dieterici est

$$p(v-b) = \mathrm{RT}\,e^{-\frac{c}{\mathrm{RT}v}}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la longueur d'onde sur la vitesse d'une réaction photochimique.* Note de M. **Marcel Boll**, présentée par M. A. Haller.

I. Dans une Note précédente [1], j'ai montré que l'hydrolyse photochimique de l'acide tétrachloroplatinique (réaction bimoléculaire) obéissait

(1) Marcel Boll, *Énergie absorbée et masse formée dans une réaction photochimique* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 691).

à une loi de la forme

$$m = \sigma \frac{st\mathcal{P}_0}{\varkappa} c(1 - e^{-\varkappa l/c}), \quad (1)$$

où m est la masse détruite au bout d'un temps t (assez court) dans une couche d'épaisseur l, de concentration c et de coefficient d'absorption $\varkappa$, éclairée sur une surface s par un rayonnement de puissance $\mathcal{P}_0$.

σ est un certain coefficient, qui dépend notamment de la fréquence ν du rayonnement incident :

$$\sigma = f(\nu),$$

c'est ce que MM. Henri et Wurmser ont appelé la *susceptibilité photochimique* du corps étudié.

II. En vue de préciser la forme de cette fonction, j'ai utilisé la méthode électrométrique et le montage optique décrits précédemment. Il suffit de déplacer, dans le spectre prismatique d'un arc au mercure, une couche liquide, de dimensions (s et l) fixes, de concentration invariable

$$\left(c = 10^{-7} \frac{\text{mol-g}}{\text{cm}^3}\right),$$

et de l'exposer au rayonnement pendant un même temps ($t = 180$ secondes).

La variation de conductivité de la solution donnera la masse m et l'on pourra calculer σ, si l'on détermine par ailleurs $\mathcal{P}_0$ et $\varkappa$.

III. Les puissances $\mathcal{P}_0$ résultent de mesures à la pile thermoélectrique de Rubens, étalonnée au moyen d'une lampe Hefner.

Les coefficients $\varkappa$ ont été déterminés par la photométrie des spectrogrammes (Victor Henri) (1); ils ont été contrôlés par ma propre méthode, basée sur la vitesse d'hydrolyse de l'acide tétrachloroplatinique (2).

IV. Les Tableaux suivants résument les résultats expérimentaux. (Les longueurs d'onde λ sont exprimées en unités Angström; les vitesses de réaction $\frac{m}{t}$ en $\frac{g}{\text{seconde}}$, et les puissances rayonnantes $\mathcal{P}_0$ en $\frac{\text{ergs}}{\text{seconde}}$; les valeurs σ obs. et $\log\sigma$ obs. sont obtenues à partir de la relation (1); on indique plus loin la signification de $\log\sigma$ calc.)

---

(1) *Physikalische Zeitschrift*, t. XIV, 1913, p. 515.

(2) Marcel Boll, *Relation entre la vitesse d'une réaction photochimique et l'énergie rayonnante incidente* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 138).

1° *Acide tétrachloroplatinique* $PtCl^4(OH)^2H^2$.

λ.	ν.	$\frac{m}{t}$.	$\mathfrak{P}_0 s$.	κ.	σ obs.	— log σ obs.	— log σ calc.
2378	1,27.10^15	0,31.10^-10	(0,3)	2,00.10^7			16,3
2400	1,25	0,82	(1,0)	1,85			16,4
2482	1,22	1,3	2,0	1,62	2,8.10^-17	16,6	16,6
2537	1,19	3,0	6,5	1,46	1,9	16,7	16,7
2655	1,14	2,5	6,2	1,08	1,6	16,8	16,9
2970	1,01	1,0	13	0,365	0,29	17,5	17,6
3100	0,97	1,1	46	0,220	0,086	18,1	17,8
3660	0,82	0,68	80	0,044	0,038	18,4	18,5
4350	0,69	0,14	87	0,012	0,0057	19,2	19,2
5460	0,54	0,085	132	0,005	0,0020	19,7	19,8

2° *Acide hexachloroplatinique* $PtCl^6H^2$.

λ.	ν.	$\frac{m}{t}$.	$\mathfrak{P}_0 s$.	κ.	σ obs.	— log σ obs.	— log σ calc.
2537	1,19.10^15	2,4.10^-10	6,5	2,26.10^7	1,8.10^-17	16,7	16,7
2655	1,14	1,9	6,2	2,44	1,5	16,8	17,0
3100	0,97	2,4	46	0,38	0,2	17,7	17,8
3660	0,82	0,7	80	0,072	0,034	18,5	18,5

3° *Acide dichloroplatinique* $PtCl^2(OH)^4H^2$.

λ.	ν.	$\frac{m}{t}$.	$\mathfrak{P}_0 s$.	κ.	σ obs.	— log σ obs.	— log σ calc.
2537	1,19.10^15	0,63.10^-10	6,5	1,03.10^7	0,38.10^-17	17,4	17,4
2655	1,14	0,48	6,2	0,85	0,30	17,5	17,6
3100	0,97	0,52	46	0,36	0,041	18,4	18,3
3660	0,82	0,23	80	0,146	0,010	19,0	18,8
4350	0,69	0,14	87	0,054	0,005	19,3	19,5

Les valeurs de ($\mathfrak{P}_0 s$) entre parenthèses ont été extrapolées au moyen de la formule (3) : elles permettent de se faire une idée sur l'intensité des raies extrêmes de l'arc au mercure.

V. L'examen de ces Tableaux montre que la susceptibilité σ croît rapidement avec la fréquence ν : en portant les fréquences en abscisses et en ordonnées log σ, on constate que la courbe représentative est sensiblement une droite. La comparaison des deux dernières colonnes montre avec quelle approximation une telle concordance est réalisée ([1]). La fonction cherchée

([1]) La formule (2) s'applique même à l'acide hexachloroplatinique, qui présente cependant une forte bande d'absorption vers 2600 U. A.

est donc de la forme

$$\sigma = \varphi e^{\alpha\nu}, \tag{2}$$

où φ et α sont des constantes. (Pour l'acide tétrachloroplatinique, on a $\varphi = 3 \times 10^{-23}$ et $\alpha = 11$.)

La formule (1) devient par suite

$$m = \varphi e^{\alpha\nu} \mathfrak{L}_0 st c \frac{1 - e^{-\chi/c}}{\chi}, \tag{3}$$

où la constante φ dépend de la température et de la nature de la réaction : c'est ce qu'on peut appeler la *labilité photochimique* de la substance considérée.

VI. En résumé, la relation (3) exprime la vitesse de réaction en fonction des principaux facteurs du phénomène : épaisseur, concentration, coefficient d'absorption, puissance et fréquence du rayonnement incident.

La conclusion de ces nouvelles mesures, c'est qu'au point de vue cinétique, la fréquence joue ici un rôle analogue à celui de la température dans les réactions chimiques ordinaires, puisque, à absorption et à rayonnement égaux, la vitesse de réaction croît exponentiellement avec la fréquence, depuis le jaune et le bleu jusque très loin dans l'ultraviolet.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Oxydation et luminescence.* Note de M. **Blanchetière**, présentée par M. Roux.

MM. Ville et Derrien viennent de présenter à l'Académie [1] une Note des plus intéressantes, dans laquelle ils signalent une oxydation se produisant avec luminescence : il s'agit de l'oxydation de la lophine par le système H^2O^2 + hématine en présence d'une petite quantité de soude.

Je me suis moi-même, en 1910, occupé de cette importante question de la biophotogénèse et je suis arrivé à certains résultats qu'il me paraît intéressant de signaler, quelque incomplètes que soient mes recherches à ce sujet.

L'idée dirigeante de mes recherches est la suivante : Radziszewski [2]

---

[1] J. Ville et E. Derrien, *Catalyse biochimique d'une oxydation luminescente* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 2021).

[2] Radziszewski, *Deut. ch. Gesell.*, t. X, p. 70, et *Liebig's Ann.*, 1871.

ayant signalé la luminescence produite par l'oxydation à l'air de la lophine en solution alcaline et la lophine étant un dérivé glyoxalinique, la luminescence des êtres vivants n'aurait-elle pas comme substratum chimique l'un des nombreux composés de l'organisme contenant ce noyau :

1° *J'ai d'abord recherché une réaction donnant le maximum de luminescence.* Après bien des tâtonnements celle-ci m'a été fournie par la décomposition de l'eau oxygénée au moyen des hypochlorites alcalins, pratiquement au moyen de l'eau de Javel du commerce. On fait le mélange de substance oxydable avec de l'eau oxygénée ou certains oxydants comme la solution de perborate de soude et l'on ajoute, dans l'obscurité, de l'eau de Javel. Il se passe une vive réaction, dégagement de gaz et production d'une belle luminescence d'intensité variable suivant les circonstances.

Pour un même corps la luminescence paraît augmenter avec la température jusqu'à 60° environ. Au-dessus, il n'y a plus d'augmentation sensible.

2° *Luminescence des dérivés glyoxaliniques. — L'oxydation de la lophine* se produit très facilement et intensivement par le système $H^2O^2 + ClONa$. Les meilleures conditions de réalisation m'ont paru être les suivantes :

Faire une solution alcoolique de lophine et la précipiter par un grand excès d'eau à 60° environ. Ajouter à la suspension un volume d'eau oxygénée environ égal à celle-ci et de l'eau de Javel, une belle luminescence jaune verdâtre se produit aussitôt.

En opérant avec une quantité de lophine suffisante, le précipité de lophine par l'eau fournit une poudre qui se précipite au fond du vase. Quand la luminescence diminue on n'a qu'à agiter pour remettre cette poudre en suspension, la luminescence reprend immédiatement.

J'ai pu ainsi maintenir une suspension luminescente pendant plus de 1 heure.

Les produits d'hydrogénation des glyoxalines donnent des résultats analogues. C'est ainsi que l'amarine, produit d'hydrogénation de la lophine,

$$\left.\begin{matrix} C^6H^5 - C - N \\ C^6H^5 - C - NH \end{matrix}\right\rangle C - C^6H^5, \qquad \left.\begin{matrix} C^6H^5 - C - NH \\ C^6H^5 - C - NH \end{matrix}\right\rangle CH - C^6H^5,$$

Lophine. Amarine.

donne lieu, dans les mêmes conditions que précédemment, à une belle luminescence mais qui m'a paru être *jaune bleuâtre*, tandis que celle produite par la lophine est *jaune verdâtre*.

3° *La luminescence est-elle propre au noyau glyoxalinique ?*

Pour résoudre cette question, je me suis tout d'abord adressé à un grand nombre de dérivés organiques n'ayant aucune parenté chimique avec la glyoxaline. Je n'ai jamais obtenu de luminescence sensible.

Je me suis alors adressé aux isomères des glyoxalines. On sait en effet que les glyoxalines ou imidazols se forment par action de l'ammoniaque sur les aldéhydes : la glyoxaline se forme par exemple dans l'action de l'ammoniaque sur le glyoxal :

$$2\,\begin{matrix}COH\\ \vert\\ COH\end{matrix} + 2NH^3 = 2H^2O + H - CO^2H + \begin{matrix}CH - N\\ \Vert\\ CH - NH\end{matrix}\!\!>\!CH.$$

L'amarine s'obtient par action de l'ammoniaque *alcoolique* sur l'aldéhyde benzoïque.

En solution *aqueuse*, au contraire, les mêmes corps réagissant l'un sur l'autre donnent un isomère de l'amarine : hydrobenzamide.

$$\begin{matrix}C^6H^5 - CH = N\\ C^6H^5 - CH = N\end{matrix}\!\!>\!CH - C^6H^5, \qquad \begin{matrix}C^6H^5 - C - NH\\ \Vert\\ C^6H^5 - C - NH\end{matrix}\!\!>\!CH - C^6H^5.$$

Hydrobenzamide. Amarine.

Or les suspensions hydroalcooliques d'hydrobenzamide commerciale et celle que j'ai préparée moi-même m'ont fourni une magnifique luminescence jaune verdâtre. Il me reste toutefois à démontrer que la simple dissolution dans l'alcool de l'hydrobenzamide ne produit pas l'isomérisation d'une faible partie de ce corps avant de pouvoir affirmer que le noyau glyoxalinique n'est pas nécessaire à la production de la luminescence.

4° *Luminescence des complexes organiques.* — Un grand nombre de produits extraits des êtres organisés, tant végétaux qu'animaux, donnent lieu, en solution aqueuse, à la production d'une belle luminescence lorsqu'on les additionne d'eau oxygénée ou de perborate de soude et d'hypochlorite alcalin. J'en citerai tout spécialement trois :

L'extrait de viande (Liebig);

L'urine (luminescence très variable);

L'infusion de thé.

Beaucoup d'autres donnent une luminescence plus ou moins appréciable.

La luminescence ainsi produite est du type lophine, c'est-à-dire jaune verdâtre. Celle produite par l'extrait de viande est particulièrement intense. La luminescence de l'urine est très variable chez le même individu. Personnellement mon urine donne le maximum de luminescence après ingestion d'asperges.

Les liquides organiques peuvent être mélangés longtemps à l'avance avec l'eau oxygénée (24 heures et plus) sans perdre leur pouvoir de devenir luminescents par addition d'hypochlorite. On peut également chauffer le mélange liquide organique + H^2O^2.

5° *Quels sont dans ces complexes organiques les corps qui produisent la luminescence?* — Je n'ai pu encore résoudre cette question. Les constituants connus des extraits tels que acide urique, xanthine, hypoxanthine, etc. ne m'ont fourni que des résultats négatifs. Il est vrai que chez eux le noyau glyoxalinique est profondément substitué. J'aurais néanmoins tendance à croire que ce sont bien ces corps qui doivent fournir la luminescence puisque les extraits riches en purines sont ceux qui se prêtent le mieux à la production du phénomène.

Il faudrait donc admettre que, lorsque le noyau glyoxalinique est profondément substitué, la présence de corps adjuvants est nécessaire. Faut-il s'en étonner? Non. M. Urbain a en effet signalé (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 1910) dans un Mémoire sur la phosphorescence cathodique, que les corps purs ne donnaient pas lieu à la production de ce phénomène et que certaines impuretés sont nécessaires. Il y a donc lieu de penser que dans certains cas il en est de même pour la luminescence. Les circonstances qui m'ont éloigné depuis 3 ans de tout laboratoire ne m'ont pas permis de pousser une investigation dans ce sens.

6° Je n'ai pu en outre comparer spectroscopiquement la lumière ainsi obtenue à celle fournie par les animaux lumineux. Cette dernière a été étudiée par Pasteur et Gernez puis par Raphaël Dubois. A l'œil l'analogie est frappante entre la luminescence des composés organiques et celle des organismes lumineux, la comparaison des spectres fournira les plus précieux renseignements sur l'origine chimique de cette lumière. C'est un point que je me propose d'élucider dès que le laboratoire que me fait installer la ville de Boulogne-sur-Mer me permettra de reprendre mes travaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs de formation de quelques silicates de fer et de manganèse.* Note de M. S. **Wologdine**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Dans le présent travail j'ai déterminé les chaleurs de formation de $FeO.SiO^2$ et $MnO.SiO^2$ en partant d'oxyde de fer et carbonate de man-

ganèse très pur de Kahlbaum. Ces produits ont été mélangés en proportion nécessaire avec du quartz très pur (cristal de roche ou sable de Fontainebleau). Les mélanges étaient brûlés dans l'obus calorimétrique de M. Mahler avec du charbon de bois.

Pour être sûr que les réactions entre la silice et les bases étaient terminées, les produits de la première expérience ont été brûlés de la même façon une seconde fois.

Les chiffres obtenus sont réunis dans les tableaux suivants :

Bisilicate de fer $FeO + SiO^2$.

Expériences.	Chaleur dégagée en petites calories pour 1g de mélange.
	cal
14	38,5
17	39,0
48	52,5
49	34,2
50	38,3
53	35,3
Moyenne	44,6 par 1g de mélange ou 5905cal par molécule.

La deuxième fusion n'a donné aucun dégagement de chaleur.

Bisilicate de manganèse $MnO + SiO^2$. — Pour produire cette réaction, j'ai brûlé le mélange de $MnCO^3$ et SiO^2.

Expériences.	Chaleur de réaction pour 1g de mélange.
	cal
20	— 107
21	— 118
24	— 107
56	— 118
57	— 106
67	— 114
Moyenne	— 111,7 par 1g de mélange ou 19592cal par molécule.

La deuxième fusion n'a donné aucun dégagement de chaleur.

Chaleur de dissociation de $MnCO^3$ avec formation de Mn^3O^4 :

Expériences.	Par 1g de $MnCO^3$.
	cal
22	— 74,3
27	— 81,9
Moyenne	— 78,9 ou — 9000cal par molécule.

Pour arriver à la chaleur de dissociation de $MnCO^3$, avec formation de MnO, il faut défalquer 18317cal (1) par molécule, dégagées par oxydation de MnO jusqu'à Mn^3O^4, ce qui nous donne

$$-9000-18317=-27317 \text{ par molécule.}$$

	Chaleur de réaction.
$MnCO^3 + SiO^2$	— 19592
Dissociation de $MnCO^3$	— 27317
	+ 7725cal par molécule ou 58cal,8 par 1g de $MnO.SiO^2$.

Pour la chaleur d'oxydation de MnO jusqu'à Mn^3O^4 j'ai trouvé (une seule expérience) 258cal par 1g de mélange, ce qui donne 18318cal par molécule. Ce chiffre est égal au précédent, calculé d'après les expériences de M. Le Chatelier.

Résumé. — Les chaleurs de formation des silicates de fer et de manganèse trouvées dans le présent travail sont :

	Par 1g.	Par molécule.
$SiO^2(FeO)$	44,6	5905
$SiO^2(MnO)$	58,8	7725

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cuisson des argiles*. Note (2) de M. **Paul Braesco**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les pâtes céramiques subissent, par dessiccation à l'air et par cuisson, une diminution permanente de volume ou *retrait*. En même temps ces pâtes se dilatent par élévation de température.

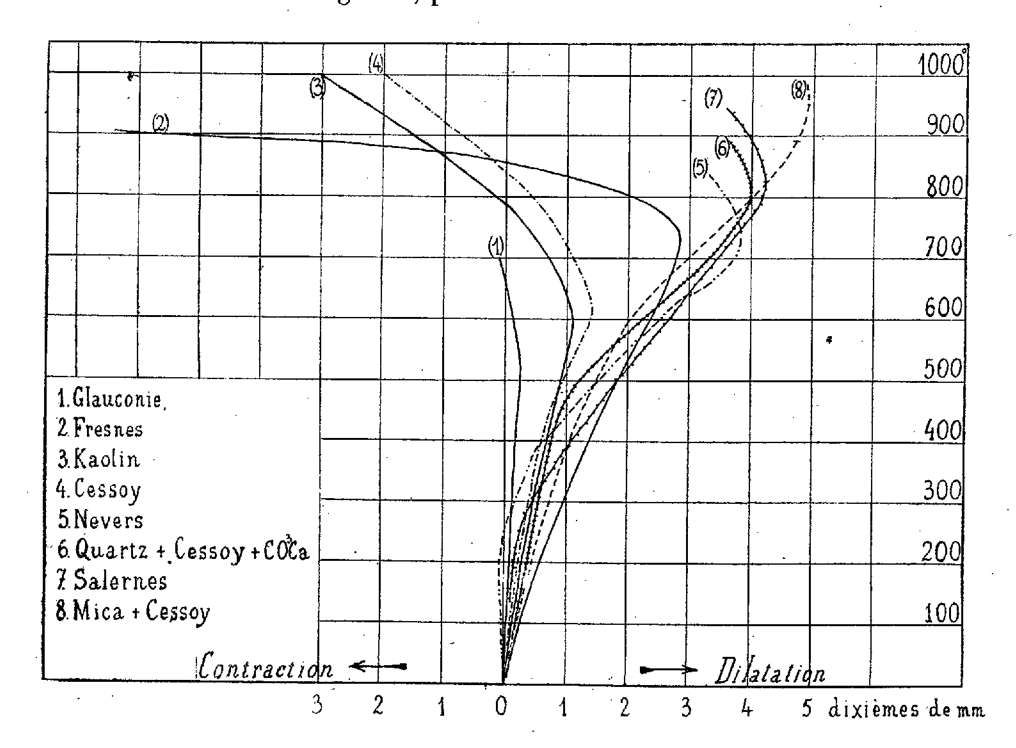
---

(1) D'après les chiffres de M. Le Chatelier (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 80).
(2) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

Différents auteurs ont fait des mesures relatives, soit à la dilatation des pâtes déjà cuites, soit à leur retrait total après cuisson ([1]).

Nous avons étudié l'action de la chaleur sur un certain nombre de pâtes plastiques crues échauffées depuis la température ordinaire jusqu'à des températures voisines de 1000°.

Nos pâtes étaient moulées, en éprouvettes cylindriques, d'environ 1^{cm} de diamètre et 10^{cm} de longueur, puis séchées à l'air.



Nous chauffions dans un four électrique dont un couple thermo-électrique, placé à côté de l'éprouvette examinée, indiquait constamment la température. Les variations de longueur de l'échantillon étaient mesurées avec une approximation de $\frac{1}{50}$ de millimètre par le déplacement, sous un microscope, d'une échelle micrométrique invariablement liée à l'échantillon par l'intermédiaire de baguettes en silice vitreuse.

([1]) Sainte-Claire Deville et Troost, *Comptes rendus*, t. 59, p. 162. — Le Chatelier, Holborn et Wien, Damour, Coupeau, etc., *Sur la dilatation des pâtes céramiques* (*Contribution à l'étude des argiles*). — Le Chatelier, *Sur le retrait de ces pâtes* (*B. Soc. Enc.*, octobre 1898).

Kaolin. — Dilatation régulière jusqu'à la température de 590°, ensuite contraction jusqu'à 1000°, température que nous avons maintenue pendant 1 heure environ.

La valeur de la dilatation, aussi bien que de la contraction, varie d'une éprouvette à l'autre, les éprouvettes ayant été faites avec la même matière première. Ces variations sont dues à la quantité d'eau de gâchage et à la compression préalable de chaque éprouvette.

La température de contraction a été sensiblement la même (590°) pour les trois échantillons étudiés.

Ces remarques s'appliquent à toutes les pâtes examinées par nous.

Mica. — Nous avons broyé le mica suivant le procédé déjà employé par Vogt (*B. Soc. Enc.*, mai 1897). La pâte obtenue était un peu moins plastique que le kaolin. Nous avons observé une dilatation régulière jusqu'à 900° environ, puis un ralentissement.

Influence du mica. — Pour mettre en évidence l'influence du mica, nous avons fait un mélange de parties égales de mica et d'argile de Cessoy (Kaolinite presque pure). La pâte ainsi obtenue a été dilatée jusqu'à 900°; à température plus élevée, la dilatation devenait très faible sans que nous ayons pu arriver à un arrêt.

Argiles. — Nous avons observé un certain nombre d'argiles. Les courbes obtenues permettent de faire les observations suivantes :

1° Dilatation jusqu'à une température variant avec chaque argile, mais constante pour une même argile;

2° Dilatation plus rapide à partir de 400° pour l'argile de Salernes et le mélange quartz + argile de Cessoy + CO^3Ca par parties égales;

3° Arrêt de la dilatation ou même légère contraction dépendant probablement de l'état d'hydratation préalable des argiles (à 100°-200°),

Glauconie. — Dilatation faible jusqu'à 520°, ensuite contraction, faible également.

En résumé, nous avons observé les matières suivantes :

	Température de contraction.
Kaolin	590°
Argile de Cessoy (kaolinite)	610
Argile de Fresnes	740
Argile de Salernes	840
Argile de Nevers	790
Argile de Vallauris	630
Mica	»
Argile de Cessoy + mica	»
Argile de Cessoy + quartz + CO^3Ca	800
Glauconie (silicate hydraté de Fe^2O^3, K^2O, Al^2O^3)	520

Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, la température de contraction commençante n'a présenté aucune corrélation avec la température de déshydratation des silicates d'alumine.

PHOTOCHIMIE. — *Action des rayons ultraviolets sur l'eau oxygénée.* Note de MM. **Victor Henri** et **René Wurmser**, présentée par M. Dastre.

Nous avions étudié jusqu'ici l'action chimique des rayons ultraviolets en séparant les diverses régions du spectre au moyen d'écrans; cette méthode n'est pas suffisamment précise. Il est important de pouvoir étudier les réactions chimiques produites par des rayons monochromatiques qu'on obtient par décomposition spectrale. Pour pouvoir faire ces études, il faut disposer d'une source très puissante.

Un transformateur à circuit magnétique ouvert, formé d'un noyau de fer de 1^{dm^2} de section et 1^m de long, et de quatre bobines secondaires intercalées entre deux bobines primaires, est en résonance pour 42 périodes par seconde avec une batterie de condensateurs de 0,1 microfarad. La différence de potentiel maximum est de 40000 volts.

L'étincelle est produite dans un éclateur spécial entre des électrodes de différents métaux ayant 15^{mm} de diamètre.

La lumière décomposée par deux prismes en quartz horizontaux tombe verticalement sur une cuve parallélipipédique de 3^{cm} de long et 3^{mm} de large, l'épaisseur de la couche exposée est de $2^{mm},5$. Cette cuve est amenée sous chaque raie.

L'énergie de chaque groupe de raies est mesurée avec une pile thermoélectrique de Rubens ou avec une pile de Hilger, qui donne une sensibilité deux à trois fois plus grande avec notre galvanomètre. L'étalonnage est fait avec une lampe Hefner.

Cette source nous donne, pour des régions monochromatiques de l'ultraviolet, des énergies de plusieurs milliers d'ergs par sec.-cm^2.

La première réaction que nous avons étudiée en lumière monochromatique est la décomposition de l'eau oxygénée.

1° *La vitesse de décomposition de* H^2O^2 *en lumière monochromatique est proportionnelle à la concentration, la réaction est monomoléculaire.* Ce résultat confirme celui de M. Tian, obtenu en lumière totale.

2° *La vitesse de décomposition de* H^2O^2 *pour chaque longueur d'onde est proportionnelle à l'énergie incidente.* Deux séries d'expériences ont été effectuées: *a*. On compare l'action produite par les rayons de $\lambda = 2558$ émis par une étincelle de zinc avec celle produite par les rayons de $\lambda = 2536$ d'une lampe à mercure. Dans le cas de l'étincelle, l'énergie de rayonnement produite varie à chaque instant et ce qu'on mesure est la somme des énergies reçues pendant un certain temps; pour le mercure, au contraire, l'énergie reste constante pendant toute la durée. On trouve que la vitesse de décomposition de H^2O^2 est dans les deux cas proportionnelle à l'énergie incidente mesurée :

	λ.	Énergie.	Vitesse.	$\frac{\text{Én.}}{\text{vit.}}$
Étincelle de zinc...	2558	2360 $\frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2 : \text{sec}}$	11,1	21,3
Lampe à mercure...	2536	1573	7,4	21,2

b. Dans la lampe à mercure, on fait varier l'énergie incidente par des écrans d'acide acétique pour $\lambda = 2536$. On trouve les résultats suivants :

Énergie.	Vitesse.	$\frac{\text{Én.}}{\text{vit.}}$
87	4	21,7
31	1,5	20,6
21	1,0	21,0

3° *La vitesse de décomposition de* H^2O^2 *est proportionnelle à l'énergie absorbée ; le facteur de proportionnalité est le même pour des longueurs d'onde comprises entre* 2800 *et* 2060. Le Tableau suivant donne les résultats numériques :

Longueurs d'onde...........	gr. 2800	2558	gr. 2300	2100-2060
Énergie incidente en $\frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2 : \text{s}}$..	6566	2085	3207	1890
Constante d'absorption moléculaire ε................	3,0	20	75	127
Concentration c en $\frac{\text{mol-g}}{\text{litre}}$....	0,049	0,049	0,049	0,023
Proportion d'énergie absorbée pour $d = 0^{\text{cm}},25$..........	8,2 p. 100	43 p. 100	88 p. 100	82 p. 100
Quantité de H^2O^2 décomposée en $\frac{\text{mol-g}}{\text{cm}^2 : \text{s}}$...............	$5,08.10^{-10}$	$8,25.10^{-10}$	$27,7.10^{-10}$	$13,7.10^{-10}$
Quantité de H^2O^2 décomposée en $\frac{\text{mol-g}}{\text{cm}^2 : \text{s}}$ pour 1 erg *incident*.	$7,7.10^{-14}$	$39,5.10^{-14}$	$84,7.10^{-14}$	$72,5.10^{-14}$
Quantité de H^2O^2 décomposée en $\frac{\text{mol-g}}{\text{cm}^2 : \text{s}}$ pour 1 erg *absorbé*.	**$9,27.10^{-13}$**	**$9,20.10^{-13}$**	**$9,60.10^{-13}$**	**$8,85.10^{-13}$**
Susceptibilité photochim. σ...	2,88	18,4	72	112,4

Les valeurs de la constante d'absorption ont été déterminées par la méthode spectrographique et par la mesure directe avec la pile thermoélectrique, la concordance de ces deux méthodes est très satisfaisante.

Il résulte du Tableau que :

1° Dans le domaine des longueurs d'onde compris entre 2800 et 2060 la

quantité de H^2O^2 décomposée est proportionnelle à l'énergie absorbée. Ce résultat n'est pas général. D'une part, pour l'eau oxygénée, il ne s'applique pas aux grandes longueurs d'onde (rayons infrarouges) absorbées thermiquement; d'autre part pour des molécules plus compliquées, telles que l'aldéhyde acétique, nous avons montré que cette proportionnalité n'a lieu que pour la bande du groupement aldéhydique;

2° La susceptibilité photochimique σ varie proportionnellement à l'absorption.

4° *La loi d'équivalence photochimique d'Einstein ne s'applique pas à la décomposition de l'eau oxygénée.* Le fait que la décomposition photochimique de H^2O^2 ne se fait pas instantanément conduit à l'hypothèse que, dans une solution de H^2O^2, toutes les molécules ne sont pas identiques entre elles, mais qu'à chaque instant un certain nombre de molécules se trouvent dans un état particulier qui détermine à la fois et l'absorption des rayons ultraviolets et la *labilité* de ces molécules. Quelles que soient les hypothèses qu'on fasse sur la nature de cet état labile des molécules, on est amené à calculer la valeur moyenne E de l'énergie absorbée par une molécule de H^2O^2 pour sa décomposition. En supposant que seulement les molécules qui se décomposent absorbent les rayons ultraviolets, on trouve pour :

λ........	2800	2558	2300	2100
E........	$1,54.10^{-12}$	$1,55.10^{-12}$	$1,49.10^{-12}$	$1,61.10^{-12}$ erg
$h\nu$.......	$6,7.10^{-12}$	$7,6.10^{-12}$	$8,5.10^{-12}$	$9,45.10^{-12}$ erg

D'après la loi de Einstein, E devrait être égal au quantum d'énergie $h\nu$, nous trouvons des valeurs de E bien plus petites et surtout n'augmentant pas avec la fréquence.

5° *L'énergie qui doit être absorbée pour la décomposition d'une molécule-gramme de* H^2O^2 *est sensiblement égale à l'énergie dégagée par la décomposition de* H^2O^2 *à l'obscurité.* La chaleur de la réaction *dégagée* pendant la décomposition de l'eau oxygénée est égale à 23000^{cal} et la quantité d'énergie de rayonnement *absorbée* pendant la décomposition d'une molécule-gramme de H^2O^2 est égale à 25800^{cal}. C'est seulement après avoir rapproché les mêmes grandeurs pour d'autres réactions que nous pourrons en discuter l'importance théorique.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les réactions d'addition entre l'oxyde de carbone et d'autres gaz sous l'influence des rayons ultraviolets.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Nous avons signalé à maintes reprises les aptitudes photochimiques exceptionnelles de l'oxyde de carbone et sa tendance à donner avec d'autres gaz des composés d'addition sous l'influence des rayons ultraviolets. Voici de nouvelles expériences à ce sujet.

Oxyde de carbone et oxyde azotique. — *Oxydation.* — Rappelons d'abord qu'en présence d'oxygène libre, CO s'oxyde dans l'irradiation de la lampe à mercure pour donner CO^2. Cette oxydation a lieu également en présence de NO qui se décompose, agit comme source d'oxygène naissant et réalise, grâce à la lumière ultraviolette, des combustions à froid analogues aux combustions à chaud qu'il effectue dans beaucoup de réactions classiques (¹).

Un mélange de $1^{cm^3},40$ CO et $2^{cm^3},77$ NO est irradié 7 heures sur cuve à mercure à 15^{mm} d'une lampe de 110 volts en régime normal. On trouve alors $1^{cm^3},95$ NO; $0^{cm^3},40$ N^2; $1^{cm^3},22$ CO; et $0^{cm^3},18$ CO^2. Tout le CO disparu se retrouve à l'état de CO^2. Il n'y a donc pas eu combinaison de CO et NO. Il a disparu $0^{cm^3},82$ NO pour donner $0^{cm^3},41$ N^2 qu'on retrouve bien à l'état libre (aux erreurs d'expériences près) et $0^{cm^3},41$ O^2 dont $0^{cm^3},09$ ont été employés à oxyder CO et $0^{cm^3},32$ se sont combinés au mercure qui est oxydé.

Une autre expérience (gaz initial : $3^{cm^3},15$ CO; $1^{cm^3},05$ NO; gaz final : $2^{cm^3},84$ CO; $0^{cm^3},32$ CO^2; $0^{cm^3},39$ NO; $0^{cm^3},33$ N^2) conduit aux mêmes conclusions.

Oxyde de carbone et eau. — *Oxygénation, hydrogénation, hydratation.* — Sur un mélange de CO et H^2O, l'action de l'ultraviolet est plus complexe. Une partie de l'eau se combine directement à CO pour donner l'acide formique; une autre partie est dissociée en oxygène et hydrogène; CO se combine à l'oxygène naissant pour donner l'anhydride carbonique, et à l'hydrogène naissant pour donner la formaldéhyde comme nous l'avons

(¹) Nous avons montré (*Comptes rendus*, 6 juin 1910) que NO seul se dissocie partiellement par les rayons ultraviolets en N^2 et O^2; l'oxygène naissant peroxyde une partie du gaz initial, en sorte qu'il se forme au contact du mercure des nitrites et des nitrates. Dans l'expérience actuelle où NO est en présence du gaz combustible CO, l'oxygène naissant se porte de préférence sur CO et l'on n'observe pas la peroxydation de NO.

déjà signalé (*Comptes rendus*, 20 juin 1910). La faculté de CO à donner des produits d'addition se manifeste ici par une triple réaction.

Dans un ballon en quartz de 50^{cm^3}, renversé sur une cuve à mercure, on introduit $18^{cm^3},50$ CO et $10^{cm^3},00$ d'eau. Après 13 heures d'irradiation (la distance entre les parois en regard étant de 3^{mm} à 4^{mm}) le gaz final contient $15^{cm^3},10$ CO; $1^{cm^3},70$ CO^2; $0^{cm^3},45$ H^2. La présence d'aldéhyde formique est constatée par les procédés indiqués précédemment (*loc. cit.*). L'acide formique est d'abord isolé à l'état de formiate de baryte, puis régénéré par SO^4H^2 et caractérisé par la formation à froid de formiate d'argent réductible à l'ébullition. La quantité d'acide formique est égale à $1^{mg},5$ d'après un titrage alcalimétrique. Sur les $3^{cm^3},40$ de CO disparus, on en retrouve finalement environ une moitié à l'état de CO^2; un tiers à l'état de formaldéhyde et un sixième à l'état d'acide formique.

Oxyde de carbone et halogènes. — Le gaz CO s'unit avec Cl^2 au soleil pour donner l'oxychlorure de carbone $CO\,Cl^2$; mais cette réaction ne réussit pas à la lumière visible avec le brome ou l'iode, pas plus qu'avec le cyanogène. La lumière ultraviolette nous ayant permis de combiner CO et Cy^2, nous avons essayé son action sur les mélanges de CO et Br ou de CO et I.

CO a été irradié soit en présence d'eau de brome, soit en présence d'iode en paillettes sur cuve à eau. Dans d'autres expériences, on a irradié Br et I en présence de CO en tubes de quartz scellés. Les résultats ont été négatifs; il n'a pas apparu de corps nouveaux [1] et l'on a toujours retrouvé exactement par l'analyse le CO initial.

Oxyde de carbone et gaz hydrogénés. — Tubes irradiés 11 heures à 15^{mm} de la lampe.

Oxyde de carbone et acide chlorhydrique. — Gaz initial : $1^{cm^3},78$ CO; $1^{cm^3},62$ HCl. Gaz final : $1^{cm^3},78$ CO; $0^{cm^3},35$ HCl; le reste de HCl s'est décomposé en H^2 qu'on trouve à l'état libre et Cl^2 qui s'est combiné au mercure. En somme, il ne s'est pas produit de combinaison telle que H.CO.Cl.

---

(1) D'après nos constatations antérieures sur les déplacements des équilibres photochimiques avec la longueur d'onde dans les composés d'une même série de corps de poids atomiques croissants, il était à présumer que, la lumière visible ne combinant pas à dose notable CO et Br, ni CO et I, il en serait de même, *a fortiori*, pour la lumière ultraviolette. Toutefois il eût été possible que ces corps prissent naissance en très petite quantité et que la lumière ultraviolette, en raison de son grand pouvoir polymérisant, les précipitât à l'état condensé (comme cela arrive pour l'oxycyanure de carbone) en rompant l'équilibre et en permettant à la réaction de se continuer.

Oxyde de carbone et hydrogène sulfuré. — Gaz initial : $2^{cm^3},65$ CO; $1^{cm^3},15$ H^2S. Gaz final : $2^{cm^3},65$ CO; $1^{cm^3},15$ H^2. Tout le H^2S a été décomposé; une partie du soufre s'est combinée au mercure; l'autre se retrouve sur les parois. En somme, avec H^2S, il ne se produit pas de combinaison analogue à celle que donne H^2O.

Oxyde de carbone et hydrogène phosphoré (¹). — Gaz initial : $2^{cm^3},23$ CO; $1^{cm^3},12$ PH^3. Gaz final : $2^{cm^3},24$ CO; $0^{cm^3},92$ PH^3; $0^{cm^3},32$ H^2. Il a disparu $0^{cm^3},20$ PH^3, auxquels correspondent bien (aux erreurs d'expériences près) les $0^{cm^3},32$ H^2 trouvés. En somme, entre CO et PH^3, il n'y a pas eu de combinaison analogue à celle qui a lieu entre CO et NH^3.

Oxyde de carbone et arséniure d'hydrogène. — Décomposition de AsH^3; pas de combinaison.

Oxyde de carbone et méthane. — Gaz inaltérés. Pas de combinaison.

En résumé, l'aptitude de l'oxyde de carbone à donner des produits d'addition par la lumière est surtout prononcée avec les premiers termes des séries. CO se combine à Cl, mais non à Br ou à I. CO se combine à O, mais non à S. CO se combine à H^2O, mais non à H^2S. CO se combine à NH^3, mais non à PH^3 ou AsH^3. Ces premiers termes sont d'ailleurs ceux dont le rôle dans la nature est le plus considérable, et les combinaisons de l'oxyde de carbone sous l'influence de la lumière avec l'hydrogène, l'oxygène, l'eau et l'ammoniaque ont une importance biochimique de premier ordre.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Formation du méthane par catalyse, à partir de l'oxyde de carbone et de la vapeur d'eau.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré que l'oxyde de carbone passant sur de la chaux, en présence d'une quantité d'eau convenable, était transformé, à partir de 400°, en un mélange d'hydrogène et de méthane (*Bulletin Société chimique*, 4ᵉ série, t. IX, 1911, p. 18).

D'autre part, j'ai prouvé que par la décomposition de la vapeur d'eau

(¹) Signalons ici une réaction analytique nouvelle. La solution aqueuse de SO^4Cu n'absorbe pas CO, mais absorbe PH^3; mais la solution de SO^4Cu ainsi phosphurée absorbe progressivement CO.

par le carbone en présence de la chaux (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 871), il se formait d'importantes quantités de méthane. Ces expériences avaient été faites à des températures comprises entre 600° et 800°, au-dessous du point de décomposition du carbonate de calcium. Le méthane se formait suivant la réaction

$$2(C) + CaO + 2(H^2O) = (CO^3Ca) + CH^4.$$

Enfin, j'ai communiqué récemment (*Comptes rendus*, t. 156, 30 juin 1913) des expériences relatives à l'action de l'oxyde de carbone humide sur la chaux vers 1000°, c'est-à-dire au-dessus de la température de décomposition du carbonate de chaux; j'ai obtenu les réactions

$$CO + H^2O + CaO = CO^2 + H^2 + CaO,$$
$$4(CO) + 2(H^2O) + CaO = 3(CO^2) + CH^4 + CaO.$$

Les gaz recueillis avaient (CO et CO^2 déduits) la composition suivante :

	Pour 100.
Hydrogène	88
Méthane	12

A la température de 1000°, la chaux n'est pas modifiée.

Partant de cette idée qu'elle pouvait agir comme catalyseur, j'ai étudié l'action de différentes substances pouvant remplir le même rôle, sur l'oxyde de carbone en présence de la vapeur d'eau, à différentes températures.

Expériences. — Les substances étudiées comme catalyseurs ont été, des métaux : fer, nickel, cuivre; et des oxydes : silice, alumine, magnésie.

Ces différentes substances étaient placées dans un tube en porcelaine vernissée, chauffé à diverses températures au four électrique; les températures étaient prises au centre du catalyseur par un couple Le Chatelier, pendant le passage de l'oxyde de carbone. Les gaz ont été analysés avant et après réaction; on a déduit CO^2 des gaz ayant réagi.

I. *Fer.* — 100g de paille de fer, vitesse horaire de CO, 4l; le gaz passait dans de l'eau chauffée à 95°, avant d'être admis dans le tube de réaction.

Composition des gaz (CO^2 *déduit*).

		Gaz initial.	250°.	400°.	550°.	750°.	950°.	1000°.	1100°.	1250°.
Oxyde carbonique	CO...	99,1	91,7	76,8	91,1	74,4	68,5	80,6	75,4	42,4
Hydrogène	H^2....	0,9	1,0	15,3	2,0	20,5	20,3	11,8	18,1	50,5
Méthane	CH^4...	0,0	7,3	7,9	6,9	5,1	11,2	7,6	6,5	7,1

Après refroidissement du tube, on a recueilli le fer résiduel, et on l'a attaqué par l'acide chlorhydrique aqueux. Le gaz qui se dégage a la composition suivante :

Hydrogène	97,38
Méthane	1,62

La transformation de CO en CH^4 paraît donc se faire par l'intermédiaire d'un carbure de fer.

II. *Nickel*. — On a opéré avec 230g de nickel en tournure fine, dans les mêmes conditions que pour le fer.

Composition des gaz (CO^2 *déduit*).

	Gaz initial.	300°.	400°.	500°.	650°.	800°.	950°.	1100°.	1250°.
CO	99,1	92,7	86,0	91,4	54,2	40,6	38,7	44,3	44,1
H^2	0,9	1,0	1,5	1,1	39,6	54,7	55,7	49,8	54,9
CH^4	0,0	6,3	12,5	7,5	6,2	4,7	5,6	5,9	4,0

III. *Cuivre*. — 88g de cuivre en tournure, conditions précédentes.

	Gaz initial.	500°.	600°.	700°.	850°.	1000°.
CO	99,1	97,8	95,0	91,5	86,2	73,8
H^2	0,9	1,0	0,3	2,2	9,2	21,8
CH^4	0,0	1,2	4,7	6,3	4,6	4,4

IV. *Silice*. — 150g silice précipitée, conditions précédentes, vapeur d'eau variable.

Composition des gaz (CO^2 *déduit*).

	Gaz initial.	750°.	900°.	1050°.	1250°.
	Eau à	100°.	90°.	90°.	95°.
CO	99,1	80,7	96,3	90,4	60,1
H^2	0,9	10,9	3,0	6,0	31,6
CH^4	0,0	8,4	0,7	3,6	8,3

V. *Alumine*. — Alumine provenant de la calcination de l'hydrate $Al^2(OH)^6$, vapeur d'eau variable.

Composition des gaz (CO^2 *déduit*).

	Gaz initial.	950°.	950°.	1000°.	1200°.
	Eau à	20°.	30°.	20°.	20°.
CO	99,1	90,3	94,0	91,8	97,2
H^2	0,9	5,9	4,1	5,9	2,2
CH^4	0,0	3,8	1,9	2,3	0,6

Après réaction l'alumine résiduelle ne dégage aucun gaz par contact avec l'eau à la température ordinaire.

VI. *Magnésie*. — 100g magnésie calcinée, contenant encore un peu d'eau se dégageant à 900°, CO desséché sur $CaCl^2$.

Composition des gaz (CO^2 déduit).

	Gaz initial.	900°.	Après plusieurs heures à 900°.
CO	99,1	83,1	88,6
H^2	0,9	13,3	4,7
CH^4	0,0	3,6	6,7

Conclusions. — Si, pour chacun des catalyseurs considérés, on choisit la température à laquelle s'est formé la plus grande quantité de méthane, et si l'on inscrit la proportion d'hydrogène correspondante, on a le Tableau suivant :

Catalyseur.	Température.	CH^4.	H^2.	Total.	Proportions centésimales de CH^4.
Al^2O^3	950	3,8	5,9	9,7	39,1 pour 100
MgO	900	6,7	4,7	11,4	58,7 » »
SiO^2	750	8,4	10,9	19,3	43,5 » »
Fe	950	11,2	20,3	31,5	35,5 » »
Ni	400	12,5	1,5	14,0	89,3 » »
Cu	700	6,3	2,2	8,5	74,1 » »

On voit qu'au contact d'un assez grand nombre de corps agissant comme catalyseurs, l'oxyde de carbone en présence de vapeur d'eau se transforme en méthane.

Cette transformation peut se faire par différents mécanismes.

Pour certains des catalyseurs expérimentés, on peut admettre qu'il y a formation intermédiaire des carbures (Fe, Al^2O^2, SiO^2), que la vapeur d'eau détruirait au fur et à mesure de leur formation, avec dégagement de CH^4, par exemple, pour l'alumine, on aurait

$$12(CO) + (Al^2O^3)^2 = C^3Al^4 + 9(CO^2),$$
$$C^3Al^4 + 6(H^2O) = 3(CH^4) + Al^2O^3,$$

soit, en somme,

$$12(CO) + 6(H^2O) = 9(CO^2) + 3(CH^4).$$

Il se peut aussi qu'il se forme de l'hydrogène, soit directement, soit par les catalyseurs, suivant $CO + H^2O = CO^2 + H^2$.

Cet hydrogène réagirait ensuite par catalyse, ainsi que MM. P. Sabatier et B. Senderens l'ont démontré pour le nickel (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 514), soit sur l'oxyde de carbone, ou l'acide carbonique suivant :

$$CO + 3(H^2) = CH^4 + H^2O,$$
$$CO^2 + 4(H^2) = CH^4 + 2(H^2O).$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Lactonisation des éthers α-cétoniques.* Note de M. H. GAULT, présentée par M. Haller.

L'éthérification de l'acide pyruvique par l'alcool éthylique en présence d'acide chlorhydrique conduit à un mélange complexe d'éthers parmi lesquels, en dehors de petites quantités d'un produit non identifié, j'ai antérieurement ([1]) caractérisé le pyruvate d'éthyle, l'acétal correspondant, l'éther cétovalérolactonecarbonique et, comme produit principal de la réaction, une autre lactone éther, signalée par Genvresse, puis par Simon et de Jong, à laquelle j'ai attribué la constitution d'un éther-oxyde éthylique de l'éther cétovalérolactonecarbonique (éther méthyléthoxycétodihydrofurfuranecarbonique)

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\quad CH^3 \\ \qquad\qquad\quad | \\ COOC^2H^5 - C - O \\ \qquad\qquad\quad | \qquad\quad > CO \\ \qquad\qquad\ CH = C \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad\qquad OC^2H^5 \end{array}$$

J'ai vérifié la constitution de ce composé en préparant les dérivés qu'il fournit avec l'hydrate d'hydrazine d'une part et avec l'ammoniaque d'autre part.

L'hydrate d'hydrazine réagit avec une extrême facilité en fournissant, suivant les conditions dans lesquelles on se place, trois dérivés hydraziniques différents. En faisant agir à température ordinaire 1^{mol} d'hydrate d'hydrazine sur 1^{mol} de lactone éther, on obtient uniquement, et avec un rendement quantitatif, la lactone hydrazide correspondante

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH^3 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ NH^2 - NH - CO - C - O \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \qquad\quad > CO \\ \qquad\qquad\qquad\qquad CH = C \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad OC^2H^5 \end{array}$$

Cette hydrazide, soluble dans l'eau à chaud, fond à 146°. Par cristallisation fractionnée, on parvient à en isoler une très petite quantité d'un dérivé fondant à 230° en se décomposant. Lorsqu'on fait, au contraire, agir

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 439.

l'hydrate d'hydrazine à chaud en excès, soit sur la lactone éther primitive, soit sur la lactone hydrazide précédente, on obtient quantitativement dans les deux cas l'hydrazinolactone hydrazide [1] correspondante, F. 180° (décomposition) :

```
                      CH³
                      |
NH² — NH — CO — C —— O\     /OH
                      |      C
                      CH== C/   \NH.NH²
                           |
                           OC²H⁵
```

L'ammoniaque aqueuse réagit de même à froid, avec une extrême facilité et par simple contact. Au bout de quelques heures, il se dépose de très beaux cristaux de l'amide, F. 190°, composé peu soluble dans l'eau et d'où l'on peut, par cristallisation fractionnée, séparer un autre dérivé aminé, F. 245° (décomposition). La constitution de l'éther de Genvresse se trouve donc vérifiée par l'existence de ces divers dérivés azotés.

Les composés hydrazinique, F. 230° et aminé, F. 245°, que j'ai isolés, en très petite quantité, dans l'action respective de l'hydrate d'hydrazine et de l'ammoniaque sur diverses portions de distillation de la lactone éthoxylée, dérivent du produit que j'avais antérieurement signalé sans parvenir à l'identifier : ce produit qui se rencontre surtout dans les fractions inférieures de la distillation est un composé chloré et, bien que je n'ai pu parvenir à l'isoler à l'état libre, j'ai été conduit à lui attribuer la constitution d'un éther 2.2-méthylchloro-4-cétoglutarique

```
              CH³
              |
COOC²H⁵ — C — Cl
              |
              CH²
              |
          O = C — COOC²H⁵
```

Ce composé ne résulte pas, comme je m'en suis assuré, de la rupture, sous l'influence de l'acide chlorhydrique, de la chaîne lactonique de l'éther cétovalérolactonecarbonique ou de son dérivé éthoxylé. Il doit plus vraisemblablement prendre naissance, après aldolisation de l'éther pyruvique, par action directe de l'acide chlorhydrique sur le cétol. L'hydrate d'hydrazine et l'ammoniaque s'y combinent aisément, avec élimination de chlore,

---

[1] E.-E. Blaise et Luttringer, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXIII, p. 1097.

en fournissant normalement les deux dérivés suivants :

```
              CH³                                    CH³
              |                                      |
       /CO — C — NH\                       CONH² — C — NH
      /       |     \                                |
   HN<       CH²     >NH (F. 230°),                 CH²  |  (F. 245°)
      \       |     /                                |
       \N === C — CO/                          O = C — CO
```

dont l'analyse complète et les propriétés établissent la constitution et, par suite, celle de l'éther chloré d'où ils dérivent. La question de l'éthérification de l'acide pyruvique se trouve donc élucidée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action du sodammonium sur les carbures acétyléniques vrais de la série grasse et sur un mode de formation de carbures éthyléniques.* Note [1] de MM. **Paul Lebeau** et **Marius Picon**, présentée par M. Haller.

L'étude de l'action des métaux alcalins et plus particulièrement du sodium sur les carbures acétyléniques vrais a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux. En 1879, Lagermarka et Elterkow [2] firent réagir le sodium sur le valérylène en solution éthérée; ils constatèrent qu'il ne se produisait aucun dégagement d'hydrogène et ils expliquèrent ce fait en admettant la formation, à côté du valérylène sodé, d'un dérivé sodé de l'isopropyléthylène. L'année suivante, Lagermarka [3] observa que le sodium donnait avec l'allylène, dans les mêmes conditions, un allylénure alcalin et du propane. En 1887 Faworsky [4] répéta les expériences de Lagermarka et Elterkow, mais les résultats qu'il obtint furent différents de ceux de ces auteurs et il reconnut qu'il ne se formait que du valérylène sodé; il supposa qu'une partie du valérylène était hydrogéné avec production du carbure C^5H^{10} sans toutefois mettre en évidence l'existence de ce dernier. D'autre part, dans son étude des dérivés fournis par les métaux alcalins et alcalino-terreux avec l'acétylène, Henri Moissan [5] a démontré que lorsque ce gaz réagissait sur l'un de ces métaux en présence d'ammoniac liquide,

---

(1) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

(2) Lagermarka et Elterkow, *Journal de la Société chimique russe*, t. XI, 1879, p. 125.

(3) Lagermarka, *Journal de la Société chimique russe*, t. XII, 1880, p. 288.

(4) Faworsky, *Journal de la Société chimique russe*, t. XIX, 1887, p. 561.

(5) Henri Moissan, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 911.

il se produisait, en même temps qu'un acétylure, de l'éthylène. Il représenta la réaction par l'équation suivante

$$3C^2H^2 + 2NH^3Na = 2C^2HNa + 2NH^2 + C^2H^4.$$

Enfin en 1901 et en 1902, dans le cours de ses importantes recherches sur la chimie des carbures acétyléniques, M. Moureu ([1]) eut l'occasion de constater qu'en soumettant l'œnanthylidène à l'action du sodium en milieu éthéré, un tiers environ du métal alcalin restait inattaqué lorsqu'on faisait intervenir 1^{mol} de carbure pour 1^{at} de sodium. Il en déduisit qu'une partie de l'œnanthylidène devait fixer l'hydrogène produit dans la réaction. Il résulte de l'ensemble de ces travaux que, dans l'action des acétyléniques vrais sur le sodium, il se forme un dérivé sodé en même temps qu'une partie du carbure acétylénique est transformé en un carbure plus hydrogéné. Ce fait n'a été toutefois établi complètement que par Henri Moissan en ce qui concerne l'acétylène. Nous avons pensé qu'en opérant au sein de l'ammoniac liquide, il nous serait facile de faire une étude plus précise de ces réactions au point de vue qualitatif et même au point de vue quantitatif.

Nous avons tout d'abord fait agir l'allylène sur le sodammonium. L'allylène avait été préparé par l'action de l'iodure de méthyle sur l'acétylène monosodé ([2]). L'appareil qui nous a servi était constitué par un ballon bouché à l'émeri dont le col portait deux tubulures latérales permettant de le relier d'une part à une trompe à vide et d'autre part à une cloche à robinet placée sur une cuve à mercure. Le ballon étant plein d'hydrogène, on y introduisait un poids connu de sodium, puis, après avoir fait le vide, on faisait rentrer à l'aide de la cloche une quantité suffisante de gaz ammoniac pour donner par liquéfaction une solution bleue de sodammonium. On fait ensuite arriver à l'aide de la cloche un volume connu d'allylène pur. Il se forme un allylénure cristallisé blanc peu soluble dans l'ammoniac liquide. On laisse dégager les gaz sous le mercure et on les recueille dans une éprouvette contenant une quantité d'eau suffisante pour dissoudre l'ammoniac. Le gaz non dissous est constitué par un mélange de propylène et d'allylène employé en léger excès. Dans une expérience faite avec $0^g,0728$ de sodium on a fait intervenir $106^{cm^3},54$ d'allylène (volume ramené à 0° et 760^{mm}). Les gaz recueillis occupaient un volume de $36^{cm^3},81$ et étaient constitués par

---

([1]) Moureu, *Bulletin de la Société chimique de France*, t. XXV, 1901, p. 302; t. XXVII, 1902, p. 360.

([2]) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1077.

$33^{cm^3},66$ de propylène et $3^{cm^3},15$ d'allylène. Le volume de l'allylène entré en réaction était donc de $103^{cm^3},39$ au lieu de $105^{cm^3},97$. Le rapport entre le volume de propylène produit et celui de l'allylène employé est 3,07. Ces résultats permettent de représenter la réaction par l'équation suivante

$$3C^3H^4 + 2NH^3Na = 2C^3H^3Na + C^3H^6 + 2NH^3.$$

En traitant l'allylénure de sodium par l'eau on a régénéré $67^{cm^3},4$ d'allylène, volume correspondant par conséquent aux $\frac{2}{3}$ de l'allylène primitivement employé. Dans une deuxième expérience les résultats ont été absolument identiques.

Le carbure acétylénique que nous avons ensuite étudié était l'hexine normal résultant de l'action de l'iodure de butyle normal sur l'acétylène monosodé. L'appareil utilisé dans ce cas était encore plus simple que pour l'allylène puisque nous pouvions ici faire tomber le carbure goutte à goutte dans le sodammonium jusqu'à décoloration. On laissait ensuite dégager le gaz ammoniac en ayant soin de lui faire traverser des condenseurs refroidis à $-30°$ pour retenir le carbure éthylénique qui vraisemblablement s'était formé. Nous avons en effet pu recueillir de l'hexylène normal et le caractériser par son point d'ébullition, son inaction vis-à-vis des réactifs des carbures acétyléniques et sa facile combinaison à froid avec le brome. Au point de vue quantitatif nous nous sommes contentés ici d'établir le rapport entre le poids du sodium et la quantité d'hexine employé pour obtenir la décoloration du sodammonium. Nous avons en outre pesé le dérivé sodé et l'hexine que nous en avons régénéré par action de l'eau. Ces résultats conduisent à une interprétation de la réaction en tous points comparable à celle que nous avons formulée pour l'allylène.

Avec l'heptine et l'octine nous avons aussi, à côté des dérivés sodés, constaté la formation du carbure éthylénique correspondant et dans le même rapport (¹).

En résumé, le sodammonium réagissant sur les carbures acétyléniques vrais de la série grasse fournit le dérivé sodé de ces carbures et le carbure éthylénique correspondant dans la proportion de 1^{mol} de carbure éthylénique pour 2^{mol} de dérivé sodé.

Les produits obtenus dans ces réactions sont d'une grande pureté et nous n'avons pas observé de réactions secondaires.

(¹) L'heptine et l'octine qui nous ont servi dans ces essais nous ont été donnés par M. Moureu à qui nous adressons nos plus vifs remercîments.

ENTOMOLOGIE. — *L'influence de la taille des Insectes sur la production de la chitine, sécrétion de surface.* Note (¹) de M. L. **Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

A la suite de nombreuses mesures effectuées sur différentes espèces de Coléoptères, j'ai montré que la nature du régime alimentaire avait une influence certaine sur la production de la chitine chez ces Insectes (²). Mais d'autres facteurs interviennent pour déterminer la quantité de chitine d'une espèce donnée. La taille est-elle un de ces facteurs? et en vertu de la relation qui unit la surface d'un animal et sa taille, les petits Insectes ayant, toutes choses égales d'ailleurs, une surface relativement plus grande, ont-ils, de ce seul fait, une plus grande quantité relative de chitine?

En l'absence de tout moyen permettant d'évaluer la surface du corps des différents Insectes, le problème ne peut être résolu qu'en comparant des espèces ou des individus, chez lesquels on peut considérer la surface comme proportionnelle à la puissance $\frac{2}{3}$ du poids du corps P : c'est le cas pour des espèces très voisines, ayant même forme, même organisation, même densité moyenne, ou pour des individus larvaires pris à différents stades de leur croissance. Supposons maintenant que ces espèces ou ces individus soient soumis dans une égale mesure à toutes les influences extérieures capables d'agir sur la production de la chitine (influences liées à l'alimentation, au genre de vie, etc.). Dans ces conditions, si la quantité de chitine est réellement déterminée par l'étendue de la surface sécrétante, le poids de chitine p de l'espèce ou de l'individu sera proportionnel à sa surface, ce qui revient à dire que la quantité de chitine par unité de surface, ou, si l'on veut, l'épaisseur moyenne de chitine, sera constante. Tout revient donc ici à chercher si le rapport $\frac{p}{P^{\frac{2}{3}}}$ est constant. Ce rapport est linéaire et représente en effet l'épaisseur de chitine.

1° *Comparaison d'espèces différant uniquement par la taille.* — J'ai calculé l'épaisseur moyenne de chitine dans plusieurs groupes de deux ou trois espèces pouvant être regardées à bon droit comme différant l'une de

(¹) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

(²) *L'influence du régime alimentaire sur la production de la chitine chez les Coléoptères* (Congrès des Sociétés savantes, Paris, 1912).

l'autre uniquement par la taille. Dans le Tableau suivant, N est le nombre d'individus à l'aide desquels j'ai déterminé P, le poids moyen de l'espèce, et p, le poids moyen de chitine; la dernière colonne contient les valeurs du rapport $\frac{p}{P^{\frac{2}{3}}}$.

Espèces.	N.	P.	p.	$\frac{p}{P^{\frac{2}{3}}}$.	Espèces.	N.	P.	p.	$\frac{p}{P^{\frac{2}{3}}}$.
Cicindela sylvatica......	20	14,7	1,05	0,17	Lucanus cervus ♀.....	14	190,7	15,5	0,47
» campestris...	38	10,2	0,81	0,17	Dorcus parallelipipedus ♀	6	52,2	5,95	0,43
Dytiscus dimitiatus.....	60	248,3	13,67	0,34	Geotrupes stercorarius.	33	92,0	6,20	0,30
» marginalis.....	40	196,1	11,59	0,34	» mutator.....	40	69,8	5,19	0,31
» punctulatus....	34	133,1	8,85	0,34	» sylvaticus ...	40	38,2	3,56	0,31
Hydrous piceus.........	27	373,3	23,68	0,46	Melasoma populi......	50	9,32	0,88	0,20
Hydrophibus caraboides.	4	33,6	3,55	0,34	» tremulæ......	80	5,88	0,63	0,20
Necrodes littoralis......	15	37,2	2,56	0,23	Timarcha tenebricosa ..	9	51,8	4,33	0,31
Silpha obscura.........	18	19,3	1,60	0,22	» coriaria......	27	14,8	1,67	0,28
Silpha atrata...........	30	11,1	1,05	0,21					

On voit que l'épaisseur moyenne de chitine est très sensiblement constante dans chaque groupe, les résultats étant d'autant meilleurs que les valeurs de P et de p ont été déterminées à l'aide d'un nombre plus grand d'individus. Le seul groupe des Hydrophiles donne un écart un peu sensible.

2° *Comparaison d'individus larvaires aux différents stades de leur croissance.* — Les larves de Dytisques dont j'ai précédemment étudié la croissance [1] rejettent à leurs deux mues successives respectivement 1^{mg} et 3^{mg} de chitine; aux moments correspondants leur poids est toujours voisin de 100^{mg} et de 450^{mg}. En nous servant de ces nombres pour calculer la valeur du rapport $\frac{p}{P^{\frac{2}{3}}}$ lors des deux mues, nous trouvons :

Première mue............................	0,046
Deuxième mue............................	0,052

L'écart est assez faible, compris dans les limites de la précision des mesures; là encore on peut regarder le rapport $\frac{p}{P^{\frac{2}{3}}}$ comme constant, c'est-à-dire que la quantité de chitine rejetée à chaque mue par la larve est proportionnelle à sa surface.

(1) *Observations sur l'évolution post-embryonnaire du Dytisque bordé* (*Comptes rendus*, 24 février 1913).

Conclusion. — Que l'on compare des espèces homomorphes différant seulement par la taille, ou des individus larvaires à divers stades de leur croissance, on trouve que l'épaisseur moyenne de chitine est constante; autrement dit, que la quantité de chitine est proportionnelle à l'étendue de la surface sécrétante. Par conséquent, la taille de l'Insecte est le facteur qui détermine, *toutes choses égales d'ailleurs*, la quantité de chitine sécrétée, les petites espèces ayant relativement plus de chitine que les grandes.

ZOOLOGIE. — Orchitosoma parasiticum n. g., n. sp., *parasite à trois feuillets rudimentaires de* Paracalanus parvus *Cl.* Note [1] de M. **Édouard Chatton**, présentée par M. Yves Delage.

Au cours de mes recherches sur les Péridiniens parasites des Copépodes, j'ai étudié, à Banyuls-sur-Mer, chez une des espèces les plus communes, *Paracalanus parvus* Cl., des formations localisées aux glandes génitales, dont j'ai pu suivre à peu près complètement l'évolution, que je considère comme parasitaires, mais que je ne puis cependant rapprocher d'aucun organisme actuellement connu.

Ces formations se trouvent d'abord dans l'épithélium germinatif ou dans celui des voies déférentes de l'ovaire ou du testicule, qui sont très rapidement détruits. Elles se trouvent dès lors complètement englobées dans un tissu fibreux réactionnel.

Les stades les plus jeunes sont des cellules sphériques à gros noyau nucléolé (*protocytes*) qui se multiplient par scissiparité, assurant ainsi l'encombrement total de l'organe.

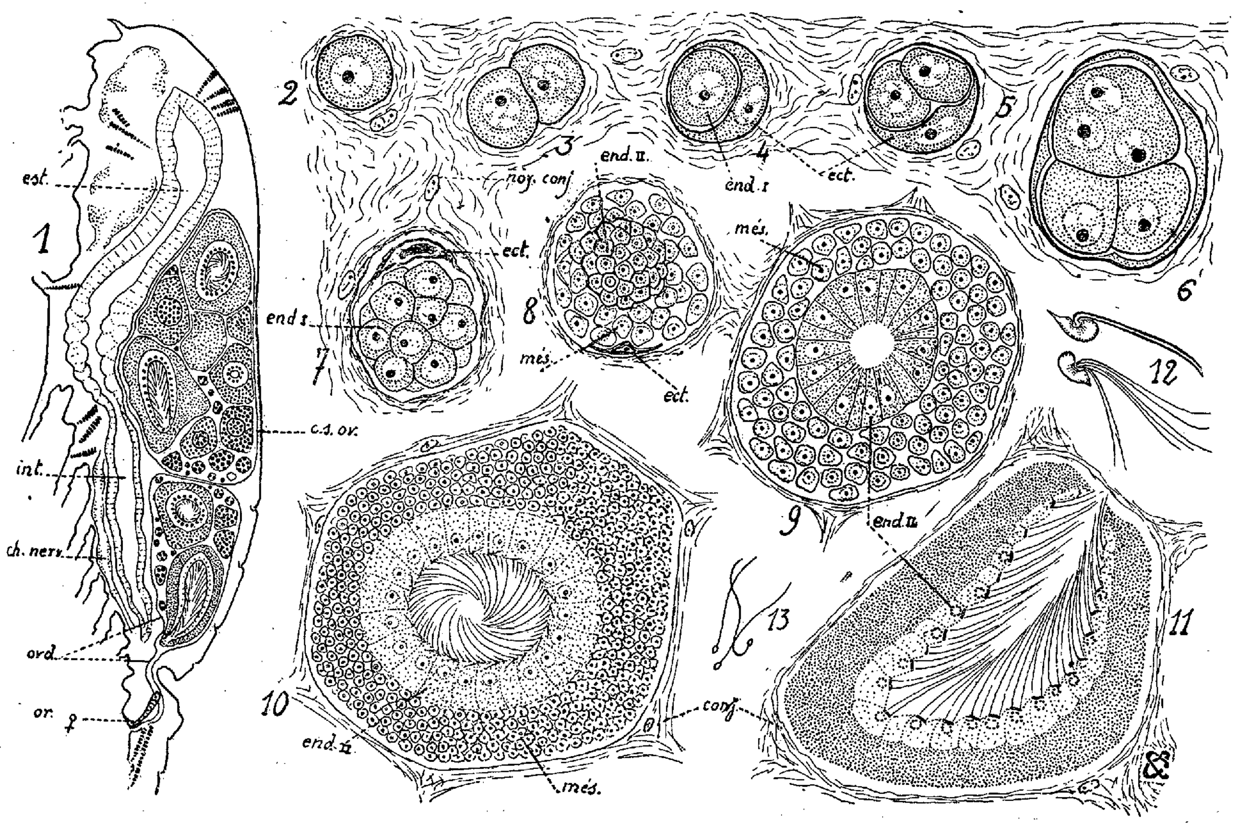
Le début de l'évolution est une scission produisant deux cellules hétérodynames, dont l'une (ectocyte) s'étale sur l'autre (endocyte primaire) et la recouvre entièrement. L'endocyte se divise et se multiplie dans l'ectocyte qui, d'abord dilaté et laminé, éclate sous la poussée des endocytes primaires agrégés en morula massive. L'ectocyte rejeté dégénère, tandis que les endocytes périphériques de la morula prolifèrent, produisant des cellules indépendantes (*mésocytes*) qui s'accumulent autour d'elle sans se souder, et se multiplient très rapidement en réduisant leur taille. Les endocytes secondaires, eux, ne font plus que s'accroître. Ils s'organisent en une assise cellulaire, véritable épithélium, prismatique d'abord, cubique ensuite, qui limite une cavité centrale sphérique (*cavité entéroïde*) qui s'amplifie elle-même et devient ellipsoïdale. Dans cette cavité chacun des endocytes pousse un faisceau de longs flagelles, agglutinés en membranelle, qui s'insère près du noyau sur un plateau sidérophile représentant un agrégat de blépharoplastes.

---

[1] Présentée dans la séance du 30 juin 1913.

Autour de cette vésicule centrale, les mésocytes, devenus extrêmement nombreux et très petits, forment une écorce épaisse et dense. Chacun d'eux, petit corpuscule ovoïde, pousse un long flagelle. Il a alors l'aspect d'un spermatozoïde.

La cavité entéroïde s'est encore accrue, les endocytes se sont aplatis, surtout à l'un



Orchitosoma parasiticum, n. g., n. sp.

1. *Paracalanus parvus* ♀ × 130 en coupe subsagittale montrant son ovaire infecté : *c. s. ov.*, cul-de-sac ovarien médian; *ovd.* oviducte; *or.* ♀, vulve: *est*, estomac; *int.*, intestin; *ch. nerv.*, chaîne nerveuse. — 2-13. Stades évolutifs du parasite dans le tissu réactionnel *conj.* : 2. Protocyte. 3. Scissiparité. 4. Différenciation en ectocyte et en endocyte primaire. 5-6. Multiplication des endocytes primaires dans l'ectocyte. 7. Morula d'endocytes primaires, dégénérescence de l'ectocyte. Figures ci-dessus × 1200. 8. Prolifération des mésocytes à la périphérie de la morula d'endocytes (endocytes secondaires). 9. Organisation des endocytes II en épithélium. Apparition d'une cavité entéroïde. 10. Membranelles flagellaires des endocytes. 11. Ouverture de la cavité entéroïde à la surface du corps. Mésocytes transformés en flagellispores. 12. Dissociation des membranelles des endocytes épars, avant la résolution de ceux-ci en flagellispores. 13. Flagellispores. Ces dernières figures × 700.

des pôles de la vésicule où celle-ci affronte la surface libre de l'écorce mésocytaire. Là un orifice se perce, qui fait communiquer la cavité entéroïde avec celle virtuelle de la loge fibreuse. A ce stade j'ai vu plusieurs fois le sac formé par les endocytes se dévaginer brusquement et se retourner complètement en enfermant les mésocytes. Les endocytes, à la périphérie, membranelles en dehors, impriment à toute la masse

un mouvement de rotation dans la loge. Mais ce processus n'est pas constant. Qu'il soit ou non, la fin de l'évolution est la même : dissociation de l'assise des endocytes, résolution de leurs membranelles en leurs flagelles constituants, division brusque et multiple du corps en petits flagellés ovoïdes semblables aux mésocytes mûrs. Ces éléments sont finalement expulsés par les voies génitales.

Ces formations existent chez les femelles comme chez les mâles. A Banyuls, elles ne se présentent qu'en été, très abondantes (chez 30 pour 100 d'hôtes) les années chaudes, très rares les années fraîches.

Elles ne peuvent d'aucune façon être confondues avec la spermatogenèse du Copépode. S'agirait-il d'une spermatogenèse supplémentaire saisonnière? Remarquons qu'un tel processus est inconnu chez les Copépodes. *Paracalanus parvus* serait seul à le présenter. Ce processus se produirait chez des mâles en pleine spermatogenèse, chez des femelles en pleine ovogenèse, avec inhibition complète de ces phénomènes sans aucun de ces retentissements qu'a sur le soma du mâle la spermatogenèse normale et avec des caractères histologiques et cytologiques très différents de cette dernière? Autant de caractères qui nous éloignent des cas de double spermatogenèse actuellement connus.

La constance et la régularité de l'évolution, la proportion élevée et fonction de la température, d'individus présentant ces formations ne permettent pas de penser à quelque développement aberrant d'inclusions embryonnaires.

La façon dont ces formations se substituent au tissu génital, leur multiplication endogène, la réaction fibreuse qu'elles provoquent, leur présence chez les deux sexes, leurs variations saisonnières et climatiques m'ont amené à la conviction qu'elles sont d'un parasite que je nommerai *Orchitosoma parasiticum* n. g., n. sp.

A quel groupe le rapporter? Le début de l'évolution rappelle les Cnidosporidies (ectocyte = cell. pariétale de *Paramyxa*). Mais les analogies s'arrêtent là. On n'en peut voir que de très lointaines avec les *Amœbophrya* et les *Hyalosaccus*.

S'agit-il même d'un Protozoaire?

A considérer que l'ectocyte représente le rudiment d'un ectoderme, les endocytes un endoderme limitant une cavité archentérique et produisant le mésoderme (mésocytes) par bourgeonnement, on serait conduit à cette notion qu'*Orchitosoma* est un Métazoaire à tel point régressé, que son ectoderme n'est plus représenté que par son initiale, et que l'endomésoderme se résout tout entier en produits génitaux.

Qu'il s'agisse d'un Protozoaire ou d'un Métazoaire, il reste à préciser s'il y a isogamie ou anisogamie, et dans ce dernier cas à trouver les macrogamètes.

Les flagellés issus des endocytes et ceux qui sont issus des mésocytes représentent peut-être deux catégories de cellules sexuelles.

EMBRYOGÉNIE. — *Action des rayons ultraviolets sur l'œuf de l'*Ascaris magnalocephala. Note de M. E. **Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

Mlle Stevens (1909) (¹), en étudiant l'action des rayons ultraviolets sur l'œuf d'*Ascaris*, a fait deux sortes d'expériences : 1° elle s'est servi de l'action facilement localisable et très active de ces radiations pour séparer la segmentation des deux premiers blastomères et examiner quelques problèmes relatifs à la mécanique du développement; 2° elle a constaté que les rayons de la lampe à vapeur de mercure retardaient le développement embryonnaire, et déterminaient au cours de celui-ci des anomalies dont elle a étudié quelques formes.

Grâce à MM. Victor Henri et R. Wurmser, j'ai pu reprendre cette étude, et nos expériences nous ont conduits beaucoup plus loin. L'action des rayons ultraviolets sur l'œuf d'*Ascaris* se manifeste : 1° par un ralentissement de la segmentation pouvant aller jusqu'à l'arrêt complet; 2° par des anomalies de la segmentation.

Les monstruosités obtenues sont assez banales, et je donnerai leur étude détaillée dans un Mémoire étendu. J'exposerai seulement, dans cette Note, le résultat de nos expériences sur le ralentissement de la vitesse de segmentation; facilement mesurable grâce à la constance de la vitesse normale pour une température donnée, ce ralentissement peut être considéré comme l'expression d'une action photochimique. Cette action est proportionnelle à la durée et à l'intensité de l'irradiation, et par conséquent à la quantité d'énergie reçue par l'œuf.

Action propre des radiations ultraviolettes de diverses longueurs d'onde. — Toutes les régions du spectre ultraviolet ne sont pas également actives à l'égard de l'œuf d'*Ascaris*. Si l'on rapporte à l'unité d'énergie l'action de différentes raies données par les étincelles de Cd, Zn et Mg, on voit que *cette action décroît régulièrement depuis* $\lambda = 2800\,\text{Å}$ jusqu'à $\lambda = 2060\,\text{Å}$ où elle est pratiquemeut nulle. Le maximum d'action est donc compris dans la région du spectre ultraviolet que V. Henri et R. Wurmser (1913) désignent par la lettre B.

L'expérience peut être faite d'une autre manière. Nous avons soumis deux séries de

(¹) *Arch. f. Entwicklungsmech.*, Bd. XXVII.

préparations d'œufs au rayonnement total de l'étincelle de Cd, l'une avec et l'autre sans interposition d'un écran d'albumine qui absorbe fortement les régions D et E du spectre. Le rapport entre les durées d'irradiation propres aux deux expériences étant réglé d'après l'absorption de la région B par cet écran, les deux séries de préparation nous ont montré un retard identique, ce qui démontre l'inaction des radiations absorbées par l'écran et appartenant aux régions D et E.

Ces faits montrent que l'action des rayons ultraviolets sur la vitesse de segmentation de l'œuf d'*Ascaris* ne saurait être comparée à l'action *abiotique* de ces rayons étudiées par M[me] et M. V. Henri sur quelques microbes (*B. coli*, par exemple) et sur le protoplasma, en général, considéré comme albuminoïde. Ceci tient sans doute à la composition de l'œuf d'*Ascaris*, et il importe de chercher à quelle action photochimique elle peut être due.

Actions photochimiques produites par les rayons de la région B *du spectre ultraviolet*. — V. Henri et R. Wurmser ont montré que la courbe de susceptibilité aux radiations ultraviolettes de diverses longueurs d'onde d'un composé chimique déterminé est sensiblement parallèle à la courbe d'absorption de ce même corps. Or, leurs recherches sur l'acétone et divers aldéhydes ont montré que les courbes d'absorption et de susceptibilité photochimique de ces corps présentent un maximum précisément dans la région B du spectre, aux environs de $\lambda = 2800\,\text{Å}$. Ce fait semble se rapporter à l'existence de la double liaison, et des expériences encore inédites (1) tendraient à montrer que des corps gras, tels que l'acide oléique, jouissent des mêmes propriétés. D'autre part, les expériences de Bierry, Ranc et V. Henri ont montré que les hydrates de carbone sont d'autant plus décomposés par les rayons ultraviolets que la longueur d'onde de ceux-ci est plus courte; et celles de M[me] et M. Chauchard montrent que l'action destructrice de ces rayons sur les diastases des hydrates de carbone croît également pour des longueurs d'onde de plus en plus courtes.

L'existence d'un maximum d'action aux environs de $\lambda = 2800\,\text{Å}$ pour l'action des rayons ultraviolets sur l'œuf d'*Ascaris* implique que l'action photochimique ne porte ni sur les hydrates de carbone, ni sur les diastases. Il s'agit très vraisemblablement d'une action portant sur des corps gras non saturés.

*Nature des réserves énergétiques de l'œuf d'*Ascaris. — J'ai montré (1)

(1) V. Henri, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 12 juillet 1913.

que l'œuf d'*Ascaris* renferme des graisses neutres contenant au moins une molécule d'un acide non saturé, et du glycogène; et que ces réserves sont en partie brûlées pendant la segmentation. L'étude du quotient respiratoire montre que la combustion porte principalement sur les graisses jusqu'à un stade avancé de la segmentation. Il est donc tout à fait probable que l'action photochimique des rayons ultraviolets porte sur ces réserves graisseuses, attaque leurs doubles liaisons et les rend inutilisable pour l'œuf. On conçoit alors qu'il se produise un retard ou même un arrêt de la segmentation.

Loi de l'action des rayons ultraviolets sur l'œuf d' Ascaris. — Si l'on étudie en fonction du temps les quantités d'énergie nécessaires pour produire un retard déterminé de la segmentation, on voit que, pour des irradiations d'intensités convenables, la courbe passe par un minimum d'énergie et se redresse ensuite.

Arrêt de la segmentation. — Si l'irradiation est assez intense pour que le ralentissement de la segmentation tende vers l'infini avant que le minimum d'énergie ne soit atteint, on obtient l'arrêt complet de la première division et, partant, de la segmentation tout entière. L'énergie minima (rapportée à *un* œuf) nécessaire pour produire cet arrêt est, avec la raie très active $\lambda = 2800$ Å, égale à 45 — 52 ergs. Or j'ai montré (*loc. cit.*) que, si l'on détermine approximativement la quantité d'énergie normalement transformée dans l'œuf pendant cette première division, on trouve une valeur du même ordre, soit 56 — 70 ergs.

BACTÉRIOLOGIE. — *Inoculation intraveineuse de bacilles typhiques vivants.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **A. Conor** et **E. Conseil**, présentée par M. E. Roux.

L'inoculation intraveineuse de vibrions cholériques ou de bacilles dysentériques vivants, séparés des substances du milieu de culture par des centrifugations et lavages successifs, est sans danger pous l'homme. Nous l'avons montré dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 24 juin 1912). Il en est de même des bacilles typhiques.

1. Deux inoculations sont pratiquées dans les veines de *deux sujets*, à 14 jours d'intervalle, la première d'une goutte, la seconde de trois

gouttes d'une émulsion de bacilles typhiques vivants (400 et 1200 millions de microbes), lavés et dilués dans 10^{cm^3} d'eau physiologique. A la suite de ces deux inoculations, des prélèvements de sang sont effectués à la veine de l'autre bras, après des délais de 2, 15 et 30 minutes, 1 heure, 2 jours pour servir à des ensemencements en bouillon (2^{cm^3} de sang) et à des examens microscopiques. Les cultures ont donné des résultats identiques pour les deux sujets et après les deux inoculations : positifs avec le sang recueilli à la seconde minute, négatifs ensuite. La présence de rarissimes bacilles typhiques libres ou englobés a été constatée également sur les préparations du sang de la deuxième minute.

2. *Vingt-quatre lapins* reçoivent, par voie intraveineuse, $\frac{1}{5}$ de goutte (80 millions de microbes) d'une émulsion de bacilles typhiques vivants et lavés, diluée dans 2^{cm^3} d'eau physiologique. On sacrifie deux de ces lapins après des intervalles de 5 minutes, 1 heure, 1, 2, 4 et 8 jours. Les douze survivants reçoivent, le quatorzième jour, une dose double; ils sont ensuite sacrifiés par deux à des intervalles identiques. Par rapport au poids des lapins (1500^g), les doses inoculées sont infiniment plus considérables que celles employées chez l'homme.

Nous avons recherché sur les animaux sacrifiés la présence des bacilles typhiques par cultures du sang, de la bile, du foie, de la rate, de l'urine. Les résultats ont été les suivants : 1° *inoculation :* sang et foie, cultures positives après 5 minutes, 1 heure et 1 jour, jamais ensuite. Rate, cultures positives après 5 minutes et 1 heure, jamais ensuite. Bile et urine, résultats toujours négatifs; 2° *inoculation :* sang, foie et rate, cultures positives après 5 minutes et 1 heure, jamais ensuite. Bile et urine, toujours négatives.

Chez le lapin, comme chez l'homme, la disparition du bacille typhique, inoculé dans les conditions que nous avons indiquées, est donc très rapide; il n'y a jamais élimination par la vessie ou la vésicule. Plusieurs de nos vaccinés (hommes), chez lesquels nous avons recherché la présence du bacille typhique dans les selles, n'en ont jamais montré.

3. A la suite des inoculations, le *développement des anticorps* est notable. Trente jours après la seconde, le sang des deux sujets dont nous avons parlé montrait déjà des pouvoirs agglutinants de 2000 et 5000 et des pouvoirs bactéricides de 10000 et 1000; un vacciné plus ancien avait encore, après 10 mois, un sang agglutinant à 1000 et bactéricide à 100000.

4. De semblables constatations nous ont amenés à employer cette méthode

pour la vaccination préventive de l'homme. Plus de 100 personnes l'ont déjà subie. La réaction générale est variable; remarquablement faible chez les sujets jeunes, elle se résume ordinairement en quelques frissonnements survenant après 1 heure environ et une poussée fébrile de 3 à 4 heures de durée. *Il n'y a point de réaction locale.*

Nous préparons ainsi notre vaccin : ensemencement à la pipette de tubes d'agar *sans peptone*, avec une dilution étendue d'une culture de bacilles typhiques de la veille; séjour des tubes à l'étuve pendant 15 à 16 heures. On enlève à la pipette l'eau de condensation des tubes et on la remplace par de l'eau physiologique tiède. L'émulsion réalisée, on la porte pendant 25 minutes à l'étuve à 46°; cette pratique ne touche en rien la vitalité de la culture, mais paraît diminuer les phénomènes réactionnels. On centrifuge à fond. Le liquide qui surnage est enlevé à la pipette et remplacé par quantité égale d'eau physiologique, dans laquelle on émulsionne le culot. Seconde centrifugation, qu'on arrête cette fois lorsque le trouble du liquide surnageant est sensiblement le même que celui d'une culture typhique destinée au sérodiagnostic. Une goutte de cette émulsion, diluée dans 10^{cm^3} d'eau physiologique, constitue le premier vaccin, trois gouttes le second. L'intervalle des deux inoculations est de 14 jours.

5. L'efficacité des méthodes de vaccination préventive de la fièvre typhoïde n'étant plus à démontrer, un procédé dans lequel les cultures sont employées vivantes se présente comme devant être particulièrement actif.

L'avantage de la méthode est l'absence de réaction locale, son inconvénient, de nécessiter l'emploi de cultures vivantes qui doivent être utilisées dans un temps court après leur préparation. Nous étudions actuellement un procédé dans lequel la vitalité des microbes est supprimée, mais leur altération moindre que dans les méthodes actuelles de coagulation par la chaleur ou l'addition d'antiseptiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action favorable exercée par le manganèse sur la fermentation acétique.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Robert Sazerac**, présentée par M. E. Roux.

L'importance physiologique du manganèse apparaît chaque jour plus évidente : non seulement il est démontré que ce métal fait partie de la composition chimique élémentaire des cellules vivantes, aussi bien chez les animaux que chez les végétaux, mais on connaît déjà un des rôles qu'il est susceptible de remplir, celui d'intermédiaire entre l'oxygène libre et la matière organique dans les phénomènes conditionnés par la laccase. C'est

même en s'appuyant sur ces notions fondamentales que l'emploi du manganèse, premier type des engrais dits *catalytiques*, a pu être introduit dans la pratique agricole : de minimes quantités de manganèse, ajoutées à un sol trop pauvre en cet élément, peuvent augmenter les récoltes dans des proportions parfois considérables (¹).

Il n'y a pas que les plantes supérieures à profiter de la présence du manganèse contenu dans le milieu de culture : il en est de même des moisissures, comme l'ont montré, notamment, les recherches publiées par l'un de nous, seul ou en collaboration avec Javillier (²). Kayser, d'autre part, a réussi à modifier avantageusement la proportion d'alcool produit par la levure aux dépens du sucre (³). Nous venons de constater qu'une Bactériacée, le *mycoderma aceti* de Pasteur (aujourd'hui *bacterium aceti*), oxydait beaucoup plus rapidement l'alcool pour le transformer en acide acétique dans un milieu additionné d'une petite quantité de manganèse que dans le même milieu non additionné et naturellement très pauvre en ce métal (⁴).

Le milieu qui nous a servi est une décoction de levure haute de brasserie débarrassée, par un rapide lavage à l'eau glacée, des substances solubles qui l'imprégnaient. Il a été préparé de façon à contenir 5g d'extrait sec par litre. On n'y trouvait que des traces de manganèse, voisines de 2,5 millièmes de milligramme pour 50cm³, volume employé dans chaque culture.

Ce milieu a été réparti, par portions égales, dans des fioles coniques d'un quart de litre et additionné, suivant les fioles, d'une proportion plus ou moins grande de sulfate de manganèse pur. Les fioles ont ensuite été bouchées avec un tampon d'ouate et un capuchon de papier à filtre, stérilisées 15 minutes à + 110°, et refroidies. On a versé dans chacune 2cm³,5 d'alcool à 95°, puis on a ensemencé, aussi régulièrement que possible, avec une culture très active de *mycoderma aceti*, et placé dans une chambre thermostat, à la température de + 28°. Enfin, de temps en temps, on a dosé l'acide acétique formé par titrage à la soude normale, en présence de phtaléine de phénol comme indicateur.

(¹) GABRIEL BERTRAND, *Sur le rôle des infiniment petits en agriculture* (Conférence au huitième Congrès de Chimie appliquée), New York, 1912 (reproduite dans les *Ann. Inst. Pasteur*, 1912 et dans la *Revue scientifique*, 1913).

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, et t. 154, 1913.

(³) *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 574.

(⁴) Rothenbach et Hoffmann ont essayé, sans succès (d'après un extrait publié par eux dans *Centralb. f. Bakt.*, 2e part., t. XIX, 1907, p. 586), d'augmenter l'action oxydante de *bacterium ascendens* par addition de sulfate de fer ou de manganèse; mais ils opéraient, semble-t-il, dans des conditions qui ne leur permettaient pas d'obtenir les résultats très nets que nous rapportons ici.

Voici les résultats d'une de nos expériences :

Proportions de sulfate de Mn ajoutées.	Quantités d'acide acétique formées après 2 jours.	3 jours.	5 jours.	6 jours.	7 jours.
	g	g	g	g	g
0 (témoins)	0,210	0,378	1,512	1,986	2,166
$\frac{1}{1000000}$	0,216	0,306	1,500	1,944	2,100
$\frac{1}{500000}$	0,222	0,390	1,506	1,998	2,238
$\frac{1}{100000}$	0,222	0,396	1,704	2,106	2,208
$\frac{1}{50000}$	0,240	0,420	1,920	2,052	2,232
$\frac{1}{10000}$	0,312	0,552	2,166	2,322	2,370
$\frac{1}{5000}$	0,312	0,540	2,004	2,226	2,304
$\frac{1}{1000}$	0,360	0,438	1,560	1,818	1,872

Comme on le voit par ces résultats, qui concordent, d'ailleurs, au moins dans leur allure générale, avec les autres que nous avons obtenus, le pouvoir de la bactérie de transformer l'alcool en acide acétique est fortement accéléré par l'addition d'une certaine proportion de manganèse : l'accélération croît d'abord avec la proportion de métal, passe par un maximum, puis décroît. Avec la race de ferment dont nous nous sommes servis et dans les conditions où nous étions placés, c'est en présence de $\frac{1}{10000}$ environ de sulfate de manganèse cristallisé, c'est-à-dire de $\frac{1}{40000}$ de métal, que la vitesse d'oxydation de l'alcool par la bactérie a été la plus grande.

Ces résultats portent à supposer que le rôle oxydasique du manganèse, déjà établi chez les plantes supérieures, existe aussi chez les Bactériacées, c'est-à-dire chez un groupe de plantes dont les échanges nutritifs se rapprochent singulièrement de ceux des animaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Presence de l'urée chez les Invertébrés et dans leurs produits d'excrétion.* Note ([1]) de **M. R. Fosse**, présentée par M. E. Roux.

De nombreux auteurs ont recherché l'urée dans le sang et les organes des Invertébrés : Riche, Lacaze-Duthiers, Sirodot, Voit, P. Bert, Rabuteau

([1]) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

et Papillon, Joly et Regnard, Frédéricq, Krukenberg, Griffiths et Follows, Letellier, Lindeman, Halliburton, Rywosch, O. v. Fürth (1), Henze et Sanzo (2). Les résultats obtenus étant souvent contradictoires, nous avons systématiquement repris la recherche de ce corps chez ces animaux.

Dans la plupart des Invertébrés terrestres ou marins que nous pu nous procurer, l'urée a été décelée, grâce à sa combinaison dixanthylée,

$$O\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle CH - NH - CO - NH - CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

Celle-ci a été obtenue en partant : d'extraits alcoliques, évaporés au bain-marie dans le vide; de sucs cellulaires, non concentrés, partiellement débarrassés des protéiques, à froid, par l'acide acétique seul ou accompagné de chlorure de sodium. Nous l'avons aussi retirée de l'eau de source ou de mer, dans laquelle avaient vécu, plus ou moins longtemps, certains animaux aquatiques (3).

I. *Caractérisation de l'urée à partir d'extraits alcooliques concentrés au bain-marie.*

Écrevisse. — Dans 5^l d'alcool, acétifié à $\frac{1}{1000}$, on place en macération, 24 heures, la bouillie résultant du broyage de 100 écrevisses vivantes ($2^{kg},850$), préalablement lavées, durant 5 heures, dans un courant d'eau. Le produit solide de l'expression est soumis à deux traitements successifs semblables et la liqueur colorée obtenue, distillée à sec, au bain-marie, sous pression réduite. La solution du résidu de la distillation dans l'acide acétique, étendu de son volume d'eau (700^{cm^3}), est additionné de xanthydrol (2^g). La même opération est répétée le lendemain ainsi que le surlendemain. La force centrifuge sépare du mélange un dépôt, peu important, et, en plus grande quantité, une matière surnageante imprégnée d'huile. Le produit solide, rosé, débarrassé des graisses par l'alcool, épuisé par la pyridine dans l'appareil Soxhlet, donne une solution colorée, presque infiltrable, et des cristaux qu'on isole par centrifugation, lave à la pyridine froide et dissout dans ce liquide à l'ébullition.

L'urée dixanthylée, suffisamment pure pour l'analyse, se dépose par refroidissement.

Analyse. — *Dosage de l'azote* (Dumas). — Trouvé : N pour 100, 6,81. Calculé pour $CO\left[NH.CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O\right]^2$: N pour 100, 6,66.

(1) Les indications bibliographiques précédentes sont prises dans l'Œuvrage si documenté de O. von Furth, *Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere*, Iéna, 1903, que M. G. Bertrand a bien voulu nous communiquer.

(2) Voir aussi : Neuberg, *Der Harn*, 1911, p. 1, article de Mayer, et Oppenheimer, *Handbuch der Biochemie*, t. III, 1, 1910, p. 538, article de A. Ellinger.

(3) *Comptes rendus*, t. 155, p. 851; t. 156, p. 263 et 567.

Temps nécessaire pour produire la fusion-décomposition dans la vapeur d'oxyde de phényle à l'ébullition (261° corr.) : 8 minutes.

Rendement en produit pur : 0g,70 environ.

II. *Précipitation directe de l'urée à partir de sucs cellulaires non concentrés. Ver à soie.*

Des chenilles de ce Lépidoptère (1) (250g), préalablement lavées à l'eau, sont écrasées dans un mortier en présence de $\frac{1}{10}$ d'acide acétique. Le produit contenant, en assez notable quantité, des fragments de feuilles de mûrier non digérées, est exprimé à la presse et le suc, encore trouble après centrifugation (188cm³), pourvu de xanthydrol (0g,04). Le dépôt recueilli après 24 heures, purifié par les alcalis et l'alcool, cède à ce solvant à l'ébullition de l'urée dixanthylée, qui cristallise par refroidissement et nécessite pour fondre, en se décomposant, 12 minutes de chauffage à 261° (corr.).

Des eaux mères acétiques, on retire encore de l'uréine dixanthylée, 24 heures après l'addition d'une nouvelle dose de xanthydrol.

La recherche de l'urée, *par la même méthode*, dans la feuille du mûrier, privée de nervures, ne donne pas de résultat positif *en opérant sur* 250g.

III. *Excrétion de l'urée par les Invertébrés. Étoile de mer.*

On tapisse complètement de ces phytozoaires le fond d'une cuve de verre et on les recouvre d'une légère couche d'eau de mer. Après 40 heures, les animaux étant parfaitement vivants, le liquide d'immersion de couleur rosée est traité par $\frac{1}{10}$ d'acide acétique, filtré et additionné de 0g,2 pour 1000 de xanthydrol. Le dépôt, recueilli le surlendemain, dissous dans l'alcool à l'ébullition, contenant quelques gouttes de pyridine, donne des cristaux un peu rosés (0g,01), nécessitant un chauffage de 8 minutes à 261° (corr.) pour être fondus en un liquide brun.

Deux expériences semblables, effectuées à une autre époque, ont conduit au même résultat positif.

L'eau, utilisée dans cette expérience et dans d'autres du même genre (2), provenait du même réservoir et ne renfermait pas la moindre trace d'urée, décelable par le xanthydrol.

L'urée a été caractérisée chez les animaux qui suivent :

Cœlentéré : *Actinie* (produits d'excrétion cédés à de l'eau de mer ambiante);

Échinoderme : *Étoile de mer* (produits d'excrétion cédés à de l'eau de mer ambiante);

(1) Offertes par M. E. Rousseau, de Joinville-le-Pont.

(2) Faites au Laboratoire maritime de Le Portel, aimablement mis à notre disposition par M. P. Hallez.

VERS : *Sangsue officinale* (suc cellulaire et produits d'excrétion cédés à de l'eau ambiante);

CRUSTACÉS : *Écrevisse* (suc cellulaire de l'animal entier, de la chair privée d'organes et du foie; produits d'excrétion cédés à de l'eau ambiante); *Langouste* (suc cellulaire; produits d'excrétion cédés à de l'eau de mer ambiante); *Crevette* (suc cellulaire);

INSECTES : *Ver à soie* (suc cellulaire); *Fourmi* (œuf); *Mouche* (œuf);

MOLLUSQUES : *Escargot* (animal entier; produits de sécrétion et d'excrétion); *Anodonte* (¹) (liquide inclus dans les écailles; produits d'excrétion cédés à de l'eau ambiante); *Moule* (liquide inclus dans les écailles); *Huître* (de Zélande) (liquide inclus dans les écailles).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence des levures et de la constitution initiale des moûts sur l'acidité des liquides fermentés.* Note (²) de M. **JULES VENTRE**, présentée par M. A. Müntz.

L'acidité d'origine biologique, produite au cours des fermentations alcooliques, dépend-elle de l'activité propre aux diverses levures et vient-elle s'ajouter dans tous les cas à l'acidité initiale du milieu?

Il semblerait, d'après une Note récente de M. Fernbach (³), qu'il en est ainsi et qu'on doit observer toujours une augmentation de l'acidité initiale, due d'une part à l'acide succinique, et d'autre part aux acides volatils et notamment à l'acide acétique.

Le but de la présente Note est de montrer que ce n'est pas toujours le cas et qu'on observe, même dans certaines conditions d'expériences, une diminution de l'acidité totale.

Les résultats qui suivent ont été effectués en faisant agir diverses levures elliptiques tirées de crus différents, tels que beaujolais, médoc, bourgogne, champagne, sur du moût de raisin renfermant 14,80 pour 100 de sucre et 5g,85 d'acidité exprimée en acide sulfurique par litre et sur des moûts artificiels neutres et acides contenant 17 pour 100 de sucre, et en outre : acide tartrique 4g, acide malique 5g, carbonate de potasse 1g,85 donnant une acidité de 5g,3 par litre.

On a déterminé le sucre consommé, l'acidité totale et volatile, l'acide tartrique total.

(¹) Nous devons à l'obligeance de M. A. Malaquin d'avoir pu effectuer des expériences sur ce Lamellibranche.

(²) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

(³) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 77.

Voici les résultats trouvés :

	Levures expérimentées :	Beaujolais.	Médoc.	Bourgogne.	Champagne.
		pour 100	pour 100	pour 100	pour 100
Milieu neutre.	Sucre consommé	100	100	100	100
	Acidité initiale en H^2SO^4 pour 1000	0	0	0	0
	Acidité finale	1,985	2,254	1,960	1,981
	Acidité volatile	0,184	0,252	0,172	0,198
Milieu acide.	Sucre consommé	100	100	100	100
	Acidité initiale en H^2SO^4 pour 1000	5,3	5,3	5,3	5,3
	Acidité finale	4,3	4,6	4,5	4,4
	Acidité volatile	0,48	0,307	0,225	0,234
	Acide tartrique total en tartre	4,5	4,5	4,42	4,56
Moût de raisin.	Sucre consommé	100	100	100	100
	Acidité initiale en H^2SO^4 pour 1000	5,85	5,85	5,85	5,85
	Acidité finale	5,2	5,3	5,1	5,1
	Acidité volatile	0,242	0,38	0,210	0,291
	Acide tartrique total en tartre	3,92	3,71	3,91	3,95

De l'ensemble de ces expériences, il ressort que :

1° Chaque levure a une manière propre de produire en quantité déterminée de l'acidité fixe et de l'acidité volatile. La levure de médoc donne en effet au milieu une acidité supérieure à celle des autres essais.

2° On constate, dans les essais en milieu neutre, une augmentation d'acidité fixe variant entre 1 et 1,17 pour 100 du sucre consommé.

3° Dans les milieux acides naturels ou artificiels, il y a, par contre, diminution de l'acidité fixe malgré la production biologique d'une proportion relativement importante d'acide succinique.

4° Si l'on considère la constitution acide du milieu fermenté, artificiel, on se rend compte que l'acide tartrique conserve presque intégralement sa valeur primitive.

5° On peut donc conclure qu'il y aura augmentation de l'acidité du moût au cours de la fermentation dans les milieux neutres ou quand l'acidité initiale sera constituée uniquement par des acides minéraux ou organiques faiblement attaqués, comme l'acide tartrique.

6° Ces faits d'observation courante viennent confirmer les résultats obtenus chaque année dans les fermentations viniques. La diminution de l'acidité paraît être due en grande partie à la destruction de l'acidité malique.

La diminution de l'acidité dans les milieux fermentescibles à acidité organique étant démontrée, j'ai voulu voir comment les levures agissaient sur ces divers acides et, à cet effet, j'ai ensemencé, avec différentes levures, un milieu artificiel d'acidité totale égale à $5^g,3$ (H^2SO^4) et des moûts de

raisin blanc et rouge d'acidité respective égale à 5g,53 et à 8g,9 par litre.

Après fermentation complète, j'ai procédé à la recherche des acides tartrique, succinique, citrique et, par différence avec l'acidité fixe du liquide fermenté, les autres acides fixes que j'ai, dans le Tableau suivant, exprimés en acide malique.

	Levures employées :	Hérault.	Beaujolais.	Médoc.	Bourgogne.	Champagne.
Acide succinique.	Milieu artificiel.....	»	1,577	1,625	1,350	1,137
	Clairette...........	1,577	1,549	1,733	1,560	1,393
	Aramon	1,200	1,324	1,430	1,266	1,125
Acide tartrique.	Milieu artificiel.....	»	3,68	3,82	3,60	3,75
	Clairette...........	3,23	3,20	3,26	3,30	3,35
	Aramon	4,04	4,08	3,82	3,64	3,76
Autres acides fixes en acide malique.	Milieu artificiel.....	»	2,260	2,82	2,557	2,71
	Clairette...........	2,486	2,511	2,67	2,550	2,75
	Aramon	6,646	6,110	6,72	6,680	6,94

Les résultats obtenus sur le milieu artificiel acide montrent que l'acide tartrique est très peu attaqué par les levures, puisqu'il se retrouve presque intégralement dans le liquide fermenté.

Les autres acides fixes préexistants sont, par contre, très différemment résistants à l'action des levures.

De l'ensemble de ces expériences, il ressort que :

1° Les diverses levures consomment peu d'acide tartrique (0g,180 à 0g,40 par litre);

2° L'acide malique paraît être le plus attaqué par les levures. Les quantités détruites varient entre 2,78 (champagne) et 3,46 (beaujolais) dans le milieu artificiel; entre 2,52 (champagne) et 3,33 (beaujolais) dans la clairette; enfin entre 3,5 et 4 dans l'aramon.

3° Chaque levure a une faculté propre de produire de l'acide succinique; celle qui en produit le plus est celle du médoc; celle qui en donne le moins est celle du champagne.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la constance lipocytique. Teneur des tissus en lipoïdes phosphorés.* Note de M. **André Mayer** et **Georges Schaeffer**, présentée par M. A. Dastre.

Dans un travail antérieur [1] nous avons fait voir que la teneur des tissus en composés d'acides gras non volatils et en cholestérine oscille peu autour

[1] *Comptes rendus*, t. 155, p. 728 et t. 156, p. 487; *Journal de Phys. et Path. génér.*, t. XV, n° 3, mai 1913, p. 510-548.

d'une valeur constante et caractéristique. Quelle part revient dans cette constance aux phosphatides, c'est ce que nous avons recherché en dosant, dans les organes d'animaux appartenant à diverses espèces, le phosphore lié aux lipoïdes ([1]) ou phosphore lipoïdique total.

A. TENEUR DES TISSUS EN PHOSPHORE LIPOÏDIQUE. VALEUR RAPPORTÉE AU POIDS SEC :

1° *Constance du phosphore lipoïdique.* — Chez les différents individus d'une même espèce, la teneur du phosphore lipoïdique, dans un organe donné, oscille peu autour d'une valeur constante. Les écarts individuels sont le plus souvent bien moins forts que ceux de la teneur en acides gras. Voici quelques exemples :

Valeur en grammes de P^2O^5 *pour* 100g *de tissu sec.*

	Foie de souris ([2]).	Foie de cobaye.	Rein de chien.	Rein de pigeon.	Organes génitaux de l'anguille.
1...	1,12	1 — 1,09	1 — 1,26	1 — 1,53	1 — 0,31
2...	1,07	2 — 1,28	2 — 1,27	2 — 1,53	2 — 0,35
3...	1,13	3 — 1,28	3 — 1,23	3 — 1,39	3 — 0,35
4...	1,14	4 — 1,34	4 — 1,35	4 — 1,49	4 — 0,39
5...	1,10	5 — 1,29	5 — 1,23	5 — 1,46	»
		6 — 1,39	6 — 1,28	6 — 1,55	»
			7 — 1,12	7 — 1,50	»

2° La teneur en phosphore lipoïdique *varie d'un tissu à l'autre*, chez un même animal.

Par exemple, on trouve en moyenne chez le Chien : Rein 1,25; Foie : 1,12; Poumon 1,04; Muscle couturier 0,45.

3° Dans les différentes espèces animales, les *valeurs trouvées pour un organe donné sont voisines*. Pour le phosphore, comme pour la cholestérine, et contrairement à ce qui se passe pour les acides gras, il n'y a pas de différences marquées entre les espèces.

Par exemple, le foie fournit :
Chien, 1,12; Lapin, 1,24; Cobaye, 1,28; Pigeon, 1,12; Bœuf, 1,55; Souris, 1,11; etc.

4° Les moyennes des teneurs en phosphore lipoïdique des différents

---

([1]) Les résultats détaillés et la technique paraîtront dans un Mémoire publié dans un autre Recueil.

([2]) Lots de trois foies.

organes *ne semblent pas varier au cours de l'inanition*, même prolongée. Par exemple, des chiens ayant jeûné 28 et 68 jours présentent des teneurs normales. D'autre part, des chiens soumis à une *suralimentation prolongée* en matières grasses ou en lécithine ne s'écartent pas non plus de la constante.

Le phosphore lipoïdique paraît donc être la mesure d'*un constituant fondamental et permanent* des cellules.

5° Il est à remarquer que le rapport $\frac{\text{acides gras}}{\text{phosphore lipoïdique}}$ est, dans certains types cellulaires, remarquablement constant. Par exemple :

Rein : Homme, 24,7; Chien, 22,1; Lapin, 22,0; Cobaye, 24,9; Pigeon, 26,6.
Globules rouges : Poule, 23,6; Bœuf, 23,5; Chien, 23,5; Mouton, 23,1; Porc, 23,2 Cheval, 23,0; Cobaye, 23,5.

Mais ce rapport est, en général, plus grand que dans tous les phosphatides isolés jusqu'ici (où il ne dépasse pas 19).

6° Dans certains organes, c'est le cas des muscles, le rapport entre les teneurs en acides gras et en phosphore lipoïdique prend une valeur telle qu'il confirme l'idée que ces organes contiennent des réserves de graisses neutres.

B. Teneur des tissus en phosphore lipoïdique. Valeur rapportée au poids humide :

Il est facile, connaissant le poids humide des tissus, de calculer leur teneur en phosphore lipoïdique. Cette mesure fait ressortir un fait d'une grande importance : *La teneur d'un tissu frais en phosphore lipoïdique est caractéristique de ce tissu* chez les diverses espèces que nous avons examinées. Par exemple :

Teneur moyenne de 100g de tissu (humide) en phosphore lipoïdique, exprimé en P.

	Foie.	Rein.	Poumon.	Muscles de différents types.
Chien	0,145	0,128	0,099	0,053
Lapin	0,142	0,122	0,096	0,039
Cobaye	0,148	0,124	0,135	0,053
Pigeon	0,143	0,157	0,107	0,093
Anguille (hépatopancréas)	0,127	0,120	»	0,036

C. Teneur des tissus en lipoïdes phosphorés et imbibition par l'eau :

Nous avons précédemment fait voir ([1]) que l'imbibition maxima des cellules par l'eau paraît être fonction de leur coefficient lipocytique $\left(\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}\right)$ quand on considère les parenchymes. Mais les muscles font exception à cette règle. Le fait que nous venons de mettre en évidence montrant nettement le rôle des lipoïdes phosphorés dans l'imbibition des cellules, à l'intérieur de l'organisme, il était indiqué d'examiner ce qui se passe pour les muscles, si l'on calcule le coefficient lipocytique en valeurs de $\frac{\text{cholestérine}}{\text{phosphore lipoïdique}}$. Si l'on fait ce calcul et si l'on reprend le raisonnement explicité dans notre précédente Note, on obtient le résultat suivant :

Chien.	Imbibition maxima.		Coefficient $\frac{\text{Phosph. lipoïdique}}{\text{Cholestérine}}$.	
Poumon......	12,22	×	0,225	= 2,74
Rein.........	6,78		0,435	= 2,94
Foie.........	4,18		0,690	= 2,68
Muscle.......	4,21		0,645	= 2,71

On voit que, dans ces conditions, le muscle se rapproche des autres tissus. Il semblait faire exception parce qu'il contient du tissu adipeux qui ne participe pas à l'imbibition.

D. Teneur des tissus en lipoïdes phosphorés et activité physiologique :

Le fait que, dans toutes les espèces examinées, l'ordre des différents organes, quand on considère leur teneur en phosphore lipoïdique rapportée au poids humide, est le même, indique que cette teneur est en rapport avec l'activité physiologique. Nous montrerons prochainement sous quelle forme et de quelle manière les lipoïdes phosphorés y participent.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de la nappe de recouvrement de la Sainte-Baume.* Note ([2]) de M. **Repelin**, présentée par M. L. De Launay.

L'hypothèse d'une nappe unique de recouvrement dans la Sainte-Baume a été récemment combattue ([3]), il convient donc d'exposer les faits sur lesquels elle s'appuie et de préciser son allure dans la partie occidentale.

([1]) *Coefficients lipocytiques et imbibition des cellules vivantes par l'eau* (*Comptes rendus*, t. 156, 21 avril 1913, p. 1253).

([2]) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

([3]) E. Haug, *Sur la terminaison occidentale de la Sainte-Baume* (*Comptes rendus*, t. 156, n° 24, juin 1913, p. 1864).

Et d'abord la *série renversée* de la Sainte-Baume ne va pas seulement *de l'Aptien au Jurassique supérieur*. Elle comprend, dans sa partie septentrionale, la portion renversée des calcaires sénoniens du Plan d'Aups et dans sa partie voisine de l'axe du pli, bien visible vers Riboux, des calcaires du Jurassique moyen, du Lias moyen et supérieur et partie de l'Infra-Lias. Cette première constatation est capitale et indispensable pour l'appréciation des contacts anormaux si étranges que l'on constate le long de l'axe de ce pli.

Il convient d'ajouter encore pour définir d'une manière complète le flanc inverse du grand pli que la série renversée du Baou de Bartagne (non Bretagne) n'est pas charriée sur un anticlinal comme le pense M. Haug, mais que le Sénonien, si redressé vers le pic, n'est que le dernier terme de cette série renversée. Les bancs s'enfoncent sous les autres termes et ils présentent, aussi bien vers le Nord que vers l'Ouest, une disposition synclinale absolument démontrée par l'étude des niveaux fossilifères. L'anticlinal n'est ici qu'une apparence. Ce synclinal sénonien, contre-partie de l'anticlinal principal, s'enfonce dans la grande coupure improprement appelée *ravin de Saint-Pons* et forme là le substratum du pli plus ou moins étiré de Riboux. La structure synclinale de l'Aptien et de l'Urgonien de cette série renversée, bien que moins nette, se reconnaît également dans le fond de la vallée ; je l'ai signalée dans une précédente Note [1]. La terminaison périclinale de l'Urgonien admise en ce point par M. Haug n'est que la section très oblique, par la surface d'érosion de la vallée, du synclinal urgonien.

Le flanc normal du grand pli comprend d'abord, dans sa partie inférieure, la seule qui nous intéresse, des affleurements appartenant au Trias et à l'Infra-Lias. La présence de l'Hettangien signalée par M. Haug est possible, mais elle n'a jamais été établie; le Rhétien seul est caractérisé par des fossiles. Au-dessus de l'Infra-Lias, le Lias moyen et supérieur, le Bajocien souvent complètement étiré, le Bathonien, le Callovien assez mal représenté supportent des calcaires sans fossiles et des dolomies. La distribution des affleurements du Jurassique inférieur est si irrégulière, la distinction en est si délicate que la présence du Bajocien et du Callovien peut souvent passer inaperçue. Aussi semble-t-il impossible d'introduire des subdivisions dans ces étages et de distinguer un Bathonien supérieur et un Bathonien inférieur. Le grand pli couché qui a donné naissance à la nappe que nous avons définie présente tous ces caractères dans la région de Riboux. Mais dès qu'on s'éloigne vers l'Ouest, divers termes de la série renversée s'étirent, se lami-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 153, 26 décembre 1911, p. 1531.

nent et, le long du chemin qui conduit *des sources de Saint-Pons à Cuges*, le flanc inverse montre l'Urgonien, recouvert par une lame très mince de marnes hauteriviennes, par des calcaires et des dolomies appartenant au Jurassique moyen et supérieur, enfin par l'Infra-Lias et du Trias moyen et supérieur. Il est donc encore très nettement indiqué, mais tous les termes y sont extrêmement laminés et parfois réduits à de simples lames.

La nappe ainsi constituée forme le massif entier de Roqueforcade. Sur son bord oriental on voit, non pas une charnière de pli, mais un contact très irrégulier de la nappe avec l'Urgonien d'abord, vers le fond du ravin de Saint-Pons où se montre le Trias, puis avec l'Aptien et, enfin, avec le Sénonien.

Les calcaires de la série oolithique qui forment la crête de Roqueforcade paraissent, au premier abord, en continuité avec la *barre rocheuse* dont parle M. Haug et qui était nettement indiquée sur ma première minute envoyée en communication au Service de la Carte géologique, mais ils en sont séparés par un petit col où les divers affleurements de la base de la série normale laminés, écrasés contre cette barre, passent sous la forme de feuillets méconnaissables, mais qu'on peut suivre cependant sans trop de difficulté.

C'est le bord oriental de cette nappe que M. Haug a décrit comme un pli indépendant. Les phénomènes qu'on observe sur les bords d'une nappe sont identiques à ceux qui jalonnent la zone axiale d'un pli dont le flanc inverse est presque entièrement étiré. On pourrait donc, en effet, admettre là la présence d'un pli ou plutôt de la suite du pli de Riboux fortement dévié vers le Nord-Ouest, si l'étude du pourtour de Roqueforcade n'apportait des observations décisives. D'abord, le Jurassique de Roqueforcade est en continuité avec la bande comprise entre le Plan d'Aups et la Lare et si l'on admet un pli il faut le prolonger jusqu'à Nans au moins. Or, dans cette partie, le Jurassique, loin d'affecter la forme anticlinale, présente une disposition synclinale incontestable. De plus, le même Jurassique de Roqueforcade se poursuit par Roussargue vers le chaînon de Bassan (fin de la chaîne de la Sainte-Baume sur la Carte de l'État-Major) qui est incontestablement en recouvrement sur le Crétacé supérieur comme le montre le tracé des affleurements et la présence de deux galeries de mine creusées dans le Crétacé supérieur, l'une à l'est, l'autre à l'ouest de l'étroit promontoire montagneux et qui toutes les deux s'enfoncent sous la série jurassique. Enfin sur le versant nord-ouest de Roqueforcade on observe exactement la même coupe, avec quelques étirements amenant des disparitions momentanées des

couches de la base, que sur le versant oriental étudié par M. Haug et que sur les deux versants du chaînon de Bassan. Il n'est pas douteux que la masse entière de Roqueforcade, avec ses prolongements, ne soit en recouvrement sur le Crétacé supérieur qui apparaît partout à sa base, suivant toutes les sinuosités des vallées. L'axe véritable du grand pli couché qui donne naissance à la nappe formée par la série jurassique normale doit suivre, sous la nappe, une ligne allant du Trias de Saint-Pons à l'extrémité sud du chaînon de Bassan et peut-être plus au Sud encore, en passant par le pied des escarpements septentrionaux de Tête-de-Roussargue. L'existence d'une nappe unique provenant du grand pli de Riboux et en continuité avec le flanc normal de ce pli vers Saint-Pons me paraît donc une hypothèse qui non seulement ne doit pas être écartée, mais qu'il sera difficile de remplacer par une autre.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 10 février 1913.)

Note de M. *Albert Turpain*, L'inscription des signaux hertziens de l'heure :

Page 454, ligne 8, après (*fig.* 1), remplacer la fin de l'alinéa par la phrase suivante : il utilise le spot lumineux d'un galvanomètre à cadre très sensible (1 division de l'échelle correspond à $0^{\mu\alpha}{,}002$).

Page 455, ligne 1, *au lieu de* à — de seconde près, *lire* à $\frac{1}{5}$ de seconde près.

(Séance du 14 avril 1913.)

Note de M. *Albert Turpain*, Réception au morse de radiotélégrammes et inscription photographique simultanée :

Page 1153, ligne 11, *au lieu de* (*Comptes rendus*, 17 février 1913), *lire* (*Comptes rendus*, 10 février 1913).

(Séance du 28 avril 1913.)

Note de M. *Albert Turpain*, Application des galvanomètres à cadre extra-sensibles aux relevés géodésiques de haute précision :

Page 1313, ligne 14 en remontant, *au lieu de* à 4^{km} et 5000^{km} de Paris, *lire* à 4000^{km} et 5000^{km} de Paris.

Même page, ligne 8 en remontant, *au lieu de* que 200 ou au plus 100 microampères, *lire* que 2 ou au plus 1 microampère.

(Séance du 30 juin 1913.)

Note de M. *A. Korn*, Sur les équations intégrales à noyau asymétrique :

Page 1965, *au lieu de*

$$k'_1(x, y) = k_1(y, x),$$

lire

$$k'_1(x, y) = k'_1(y, x).$$

Page 1966, ligne 18, *au lieu de*

$$\varphi_{j\rho, s_{j\rho}-k}(y),$$

lire

$$\varphi'_{i\rho, s_{i\varrho}-k}(y).$$

Page 1967, ligne 17, *au lieu de*

$$\left\{ 1 + \frac{1}{1\lambda_j[\lambda_j]} \right\},$$

lire

$$\left\{ 1 + \frac{1}{2\lambda_j[\lambda_j]} \right\};$$

ligne 23, *au lieu de* approximations, *lire* équations.

Note de MM. *H. Pottevin* et *H. Violle*, Sur les vibrions et leurs toxines :

Page 2030, dernière ligne, *au lieu de* — 37°, *lire* + 37°.
Même page, ligne 17, *au lieu de* au même type, *lire* au même titre.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

La Section d'Anatomie et Zoologie, par l'organe de M. **E. Perrier**, propose à l'Académie d'adopter le vœu suivant :

En présence de la diminution rapide du nombre des grands Cétacés et des grands Phoques, de la disparition dont les plus intéressants d'entre eux sont menacés à brève échéance, de la multiplication des sociétés de chasse de ces animaux dans les eaux françaises (1) et du gaspillage auquel elles se livrent, l'Académie des Sciences signale au Gouvernement la gravité de la situation; elle émet le vœu que le Gouvernement français prenne le plus tôt possible l'initiative de réunir à Paris une Commission internationale pour l'étude des différents problèmes qui se posent au sujet de la chasse des grands Cétacés et des grands Phoques.

Ce vœu est adopté à l'unanimité; il sera transmis au Gouvernement.

M. B. Baillaud, en qualité de Président du Bureau des Longitudes, présente à l'Académie les *Résultats obtenus par la mission française chargée de l'exécution des opérations préliminaires relatives à la mesure de la différence de longitude par T. S. F. entre Paris et Washington, faites sous la haute direction de* MM. Renaud, directeur du Service Hydrographique de la Marine et Bourgeois, directeur du Service Géographique de l'Armée :

Au cours de la Conférence internationale de l'Heure réunie à Paris en

---

(1) Côte occidentale d'Afrique; îles Kerguelen; Madagascar.

octobre 1912 sur l'initiative du Bureau des Longitudes, la délégation des États-Unis a proposé d'entreprendre le plus tôt possible la mesure de la différence de longitude entre l'Observatoire de Paris et l'Observatoire de Washington chargés d'assurer le service des signaux horaires émis par les stations radiotélégraphiques de la Tour Eiffel et d'Arlington. La question avait déjà été soulevée à Hambourg, à la Conférence de l'Association géodésique internationale.

Une opération de cette importance ne pouvant être entreprise sans études préalables, il fut convenu avec le Gouvernement américain qu'au début de l'année 1913, en attendant que les stations radiotélégraphiques de la Tour Eiffel et d'Arlington fussent complètement installées, il serait procédé à des essais préliminaires dans le but de voir quelles seraient les difficultés qui pourraient se présenter au cours des opérations définitives et de fixer les bases sur lesquelles serait établi ensuite le programme détaillé de ces opérations. Il fut également entendu que, si les circonstances atmosphériques étaient favorables, on profiterait de ces essais pour faire quelques soirées complètes de détermination de la différence de longitude. D'autre part, la méthode à employer ayant été imaginée en France et n'ayant encore été pratiquée que par des observateurs français, les essais préliminaires devaient avoir aussi pour but de mettre les spécialistes américains au courant des détails opératoires.

L'exécution de ces essais qui, par suite de certaines circonstances, ne purent être entrepris qu'en mars 1913, fut confiée, par les Ministres de la Marine et de la Guerre, aux spécialistes de leurs Départements ayant déjà contribué, soit à créer la méthode à employer, soit à en réaliser les premières applications. La mission française fut composée de la manière suivante :

A Washington : Marine : MM. Driencourt, ingénieur hydrographe en chef; Gignon, lieutenant de vaisseau. Guerre : MM. Ferrié, chef de bataillon du génie (Télégraphie militaire); Levesque, capitaine d'artillerie (Service Géographique de l'Armée).

En outre, M. Abraham, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, chargé par le Ministre de l'Instruction publique de participer aux travaux de la mission, devait s'occuper spécialement d'examiner la possibilité de faire usage, dans l'opération définitive projetée, des procédés qu'il avait imaginés pour l'enregistrement photographique des signaux.

A Paris : Marine : M. Pélissier, ingénieur hydrographe. Guerre : M. Périer, capitaine d'artillerie (Service Géographique de l'Armée) rem-

placé au cours des opérations par M. Drouin, capitaine d'artillerie (Service Géographique de l'Armée).

L'officier et le sous-officier de la Télégraphie militaire de service chaque nuit à la Tour Eiffel étaient chargés d'assurer le bon fonctionnement des installations électriques.

De plus, M. Claude, membre adjoint du Bureau des Longitudes, avait bien voulu accepter de prêter le concours de sa grande expérience pour l'exécution des comparaisons radiotélégraphiques et chronométriques.

Les observations astronomiques ont été faites à l'astrolabe à prisme et au chronomètre en se servant de l'œil et de l'oreille. Deux observateurs opéraient séparément dans chaque station, un de la Marine et un de la Guerre : c'étaient MM. Driencourt et Levesque à Washington, MM. Pélissier et Périer ou Drouin à Paris. Les comparaisons radiotélégraphiques étaient faites durant les observations par un troisième opérateur chargé en outre de comparer son chronomètre à ceux des deux autres par la méthode des coïncidences : à Paris c'était M. Claude, à Arlington M. Gignon.

Les comparaisons radiotélégraphiques communes ont été utilisées séparément par les observateurs de la Marine et par ceux de la Guerre pour obtenir des valeurs indépendantes de leurs différences de longitude. Les résultats de la mission se répartissent par suite en trois groupes : comparaisons radiotélégraphiques, résultats des observations de la Marine combinés avec ces comparaisons, et résultats des observations de la Guerre combinés avec les mêmes comparaisons. Il faut ajouter aussi à ces trois groupes les résultats de l'enregistrement photographique des signaux à Arlington.

1° *Comparaisons radiotélégraphiques. Résultats déduits de ces comparaisons par les observateurs de la Marine.* — Ces comparaisons ont été faites au moyen de 300 signaux constitués par des traits d'une demi-seconde dont les commencements, espacés régulièrement d'environ $\left(1-\frac{1}{120}\right)$ seconde, formaient les signaux proprement dits. Les deux stations envoyaient alternativement des séries semblables par groupe de quatre au total.

Sur les douze séries d'essais, trois ont été absolument infructueuses en raison surtout des brouillages causés par les transmissions étrangères; des neuf autres, cinq ont fourni des comparaisons tant avec les signaux d'Arlington qu'avec ceux de la Tour Eiffel dans une des stations et quatre dans les deux; mais seules les séries des 28 mars et 1er avril ont donné des résultats vraiment satisfaisants de part et d'autre. Elles ont permis de

déterminer la durée du temps de transmission entre les stations de la Tour Eiffel et d'Arlington (distance 6175^{km}) avec une précision très suffisante pour la longitude. Les valeurs obtenues pour le double de cette durée sont respectivement $0^s,066$ et $0^s,063$.

On a adopté la dernière qui inspire le plus de confiance.

2° *Différence de longitude et colatitudes obtenues par les observateurs de la Marine.* — Il n'y a eu en tout que deux soirées d'observations astronomiques communes aux deux stations, celles du 31 mars et du 1er avril. Les comparaisons avec les signaux d'Arlington n'ayant pu être faites à Paris le 31 mars, on a employé les comparaisons avec les signaux de la Tour Eiffel en corrigeant celles faites à Arlington des temps de transmission. On a obtenu ainsi pour la longitude Ouest du point d'observation de M. Driencourt par rapport à celui de M. Pélissier :

	h m s
Par la soirée du 31 mars	5.17.29,946
Par la soirée du 1er avril	5.17.29,936
Moyenne	5.17.29,940

Malgré la concordance très satisfaisante des deux résultats, leur moyenne présente une incertitude de quelques centièmes du fait que le chronomètre de comparaison à Arlington, placé dans la salle de réception, était voisin de la génératrice et que sa marche a pu être ainsi troublée pendant les émissions.

La différence d'équation personnelle entre les deux observateurs a été déterminée par une série d'observations comprenant 60 étoiles communes. On a obtenu :

État de M. Pélissier — État de M. Driencourt $= +0^s,065$.

La longitude du point d'observation de M. Driencourt par rapport à celui de M. Pélissier est donc finalement :

$$5^h 17^m 29^s,940 - 0^s,065 = 5^h 17^m 29^s,875 \text{ Ouest.}$$

Le pylône N.-E. d'Arlington est à $0^s,396$ à l'ouest du point d'observation. D'autre part, la longitude géodésique du point d'observation de M. Pélissier, au Champ de Mars, est $9^s,651$ Ouest par rapport au méridien de Paris. Si l'on admet qu'elle est égale à la longitude astronomique, on obtient pour la longitude du pylône N.-E. d'Arlington par rapport à Paris :

$$5^h 17^m 29^s,875 + 9^s,651 + 0^s,396 = 5^h 17^m 39^s,922.$$

La déviation de la verticale est très variable dans le voisinage de Washington qui est traversé par une longue bande de terrain orientée N.-N.-E.—S.-S.-O., présentant un excès de densité. A défaut d'observations de longitude ou d'azimut astronomiques à Arlington, on est obligé, pour comparer le chiffre ci-dessus à la longitude astronomique actuellement adoptée, d'admettre une déviation de la verticale, par exemple celle de l'ancien observatoire naval, qui est le point le plus rapproché où elle a été observée et qui se trouve en même temps sur une même ligne d'égal excès de densité avec le pylône N.-E. (1). On a alors pour l'ancienne longitude du pylône N.-E. : $5^h 17^m 39^s,876$.

La longitude trouvée serait ainsi supérieure de $0^s,046$ à l'ancienne.

Les séries calculées d'observations à l'astrolabe ont fourni accessoirement autant de valeurs de la colatitude astronomique de chacun des points d'observation. On a trouvé ainsi :

Pour le point d'observation de M. Pélissier.		*Pour le point d'observation de M. Driencourt.*	
Le 31 mars	41°8′35″,95	Le 30 mars	51°7′59″,1
Le 1er avril	41.8.36,0	Le 31 mars	51.7.59,3
		Le 1er avril	51.7.59,35
Moyenne	41.8.36,0	Moyenne	51.7.59,3
D'où pour la Tour Eiffel	**41.8.29,32**	D'où, pour le pylône N.-E.	**51.7.57,3**
Colatitude géodésique	41.8.30,02	Colatitude astronomique	51.7.58,20(2)
Correction trouvée	—0,7	Correction trouvée	—0,9

A noter qu'en 1911, M. Pélissier avait trouvé à la Tour Eiffel, par la moyenne de six séries très concordantes, une correction de $-0'',6$.

3° *Différence de longitude et latitude obtenues par le Service Géographique de l'Armée. Résultats déduits des comparaisons radiotélégraphiques par les observateurs de la Guerre.* — Les soirées des 31 mars et 1er avril 1913 ont donné, avec les observations des officiers du Service Géographique, les résultats suivants entre les piliers de Paris et d'Arlington :

Les chronomètres du poste d'Arlington ayant eu des marches qui présentent un peu d'incertitude, les valeurs successives de la différence de longitude présentent une légère variation systématique au cours d'une

(1) Voir Coast and Geodetic Survey, *Supplementary Investigation in 1909 of the figure of the Earth and isostasy, Planche n° IV.*

(2) En admettant encore la même déviation qu'à l'ancien observatoire.

même soirée; par suite, les valeurs déduites des émissions de Paris et d'Arlington ont dû être ramenées au même instant (le milieu des échanges T.S.F.) le 1er avril, de façon à être comparables, et pour les mêmes raisons celles aussi du 31 mars faites sur les seules émissions de Paris. De plus, pour cette dernière, la correction approchée de la vitesse des ondes hertziennes a été faite d'après les résultats de la soirée du 1er avril. La discussion de celle-ci donne comme valeur approchée pour le double du temps de transmission $0^s,04$.

Longitude.

		h m s	
1er avril	Par les émissions d'Arlington	5.17.29,95	
	Par les émissions de Paris	5.17.29,91	
	Moyenne		$5^h17^m29^s,93$
31 mars		5.17.29,96	
Et après correction de vitesse (0,02) et ramenée au milieu de la soirée (— 0,05)			$5^h17^m29^s,93$
D'où la différence brute moyenne		5.17.29,93	
A quoi il faut ajouter : correction de pilier à Paris pour ramener au méridien de Paris		9,61	
Différence d'équation personnelle Drouin-Levesque		0,12	
Le pilier d'Arlington est à		5.17.39,66	à l'Ouest du méridien de Paris.

Le Naval Observatory a rattaché par une triangulation le pilier du capitaine Levesque au repère du Naval Observatory (Center of clock room); d'où différence géodésique en longitude de $2^s,576$ et en latitude $3^s,04$. D'autre part, ainsi qu'il a déjà été dit, le Naval Observatory a attiré l'attention sur une déviation locale assez forte à l'Observatoire même, déviation que l'on retrouve avec des valeurs très différentes à l'ancien Observatoire et au pilier du Coast and Geodetic Survey. Dans l'incertitude où l'on est de la valeur d'une déviation possible à Arlington situé assez loin de l'autre côté du Potomac par rapport aux stations précédentes, il a été jugé qu'il n'y avait lieu à aucune correction de déviation de la verticale en longitude à Arlington et le Service Géographique admet, jusqu'à plus ample informé, que la longitude astronomique d'Arlington est aussi la longitude géodésique. La longitude géodésique du Naval Observatory (Center of clock room) est dans ce cas $5^h8^m16^s,15$ Ouest de Greenwich (en adoptant $9^m20^s,93$ pour Greenwich-Paris) et, partant, la longitude astronomique est de $5^h8^m15^s,78$ (la valeur adoptée actuellement par les Américains est de $5^h8^m15^s,784$).

Latitude. — Les observations ont donné :

Amérique.

Latitude du pilier d'Arlington....	38°52′0″,83	Colatitude :	51°7′59″,17
Latitude astronomique du Naval Observatory (clock room)......	38.55.14,35	Valeur des Américains :	38.55.14,0
Latitude géographique du Naval Observatory (clock room)......	38.55.17,39		38.55.17,037

Paris.

Latitude du pilier de Paris.......	48.51.23,80	Valeur du Service Géogr. :	
Tour Eiffel....................	48.51.30,410		48.51.29,98

4° *Enregistrement photographique des signaux à Arlington.* — L'expérience a montré que les signaux rythmés émis par Paris étaient reçus à Arlington avec une intensité suffisante pour pouvoir être enregistrés et distingués des parasites atmosphériques, sauf lorsque ceux-ci sont trop intenses.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Démonstration nouvelle de la formule des énergies potentielles de superficie dans les liquides parfaits.* Note de **M. J. Boussinesq.**

I. Me bornant ici aux liquides *parfaits*, où les deux tensions principales $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ en chaque point d'une couche superficielle ou libre, ou contiguë à un autre liquide, se réduisent à la tension élastique constante f, je me propose d'étudier analytiquement, d'une manière simple et qui me semble nouvelle [1], le travail produit par cette tension, ou à raison de cette tension, dans tout déplacement de la couche superficielle considérée, d'aire σ, soit quand elle est fermée sur elle-même, soit quand elle a un bord ou contour l s'appuyant sur une paroi *fixe*, dont il *balaie* une aire σ_1 plus ou moins grande où vient s'étaler le liquide.

II. Dans ce dernier cas, il y a lieu de compter comme faisant partie de la paroi même une mince couche de liquide contiguë (qui tient d'elle la propriété d'exercer des actions tangentielles sur une épaisseur imperceptible),

[1] Je l'ai donnée en décembre 1912 dans mon Cours de la Sorbonne.

afin de ne garder, dans le système qu'on a en vue, que des matières vraiment fluides, c'est-à-dire aptes à reconstituer sans cesse leur *isotropie* soit *complète*, à l'intérieur, soit *de révolution autour de chaque normale*, à la surface ou libre, ou séparative d'avec un autre liquide.

Toutefois, très près de la ligne l de jonction d'une telle surface avec la paroi, le voisinage de cette dernière rend impossible dans la couche l'isotropie de révolution et n'y laisse subsister que la symétrie de part et d'autre du plan normal à cette ligne l. Mais la même évolution interne, due à l'agitation calorifique et caractéristique des fluides en mouvement, qui refait sans cesse, presque instantanément, l'isotropie complète à l'intérieur, en y réglant la pression p, l'isotropie de révolution dans les couches superficielles, en y réglant les *densités* et la tension f, agira aussi, aux environs de la ligne l de jonction, pour y produire la configuration la plus stable possible des deux espèces de matière fluide; et l'on conçoit qu'elle y réglera les deux angles dièdres adjacents formés par la paroi avec les deux fluides, jusque dans le détail des feuillets de ceux-ci. Donc, en particulier, l'angle φ (que je prendrai pour *angle de raccordement*) formé par la paroi, se prolongeant hors du liquide considéré, avec la couche superficielle, se trouvera déterminé par la nature des corps en présence et, pour des matières homogènes, sera une *constante* donnée, *propre* à la ligne l, comme le sont f dans la couche et la densité ρ à l'intérieur du liquide.

D'ailleurs, l'équilibre dynamique d'un élément rectangulaire de couche superficielle compris entre un élément dl de la ligne de jonction et une *coupe* parallèle à dl, faite dans le voisinage, à travers laquelle la tension de la couche soit déjà $f\,dl$, montrera que la paroi exerce sur cette bande étroite, par unité de la longueur dl, une attraction normale exprimée par $f\sin\varphi$ et une *traction tangentielle*, que j'appellerai f_1, égale à $f\cos\varphi$, dirigée, perpendiculairement au bord l, vers la partie de paroi occupée déjà par le liquide. Il est évident que l'attraction normale extérieure $f\sin\varphi$ ne produira aucun travail lors du balayage de la paroi par le bord l, mais que la traction tangentielle $f_1 = f\cos\varphi$, qui résiste à *l'extension*, ou à un *étalement croissant*, du liquide sur la paroi (quand l'angle φ est aigu), aura, par unités de longueur et de temps, un travail égal au produit de $-f_1$ par la vitesse de progression du bord l sur la partie de paroi non encore occupée.

III. Cherchons maintenant comment l'équation des forces vives est modifiée, dans la masse liquide qu'on a en vue, par la tension f de sa

couche superficielle ou libre, ou contiguë à un autre liquide. La masse fluide en question sera homogène, composée de particules en grand nombre et de masses M, ayant respectivement les vitesses visibles V, les poids Mg et des altitudes (au-dessus d'un plan horizontal fixe) appelées β; enfin, elle se trouvera limitée, en partie, par des parois *fixes*, ayant à l'époque t certaines surfaces totales σ_1 en contact avec le liquide, et, en partie, par des surfaces σ ou libres ou contiguës à d'autres liquides.

Ne portant pour le moment notre attention que sur une seule des surfaces ou libres ou séparatives de deux liquides, excluons *provisoirement*, par la pensée, de cette masse ΣM, la couche superficielle d'aire σ, de tension f et de masse négligeable; de manière que la pression subie par le système matériel considéré y soit celle, p_1, que cette couche exerce sur le liquide *intérieur*. Alors l'équation des forces vives exprime, comme on sait, que l'*énergie totale* du mouvement *visible* de la masse liquide ΣM, somme de son énergie actuelle ou demi-force vive $\sum \frac{M}{2} V^2$ et de son énergie potentielle *de pesanteur* $\Sigma Mg\beta$, a sa différentielle durant un instant dt égale au travail élémentaire correspondant, $dt \int_\sigma V_n p_1 \, d\sigma$, des pressions $p_1 \, d\sigma$ exercées sur le liquide par les divers éléments $d\sigma$ de sa couche superficielle, dont V_n désigne ici la vitesse suivant une normale tirée à $d\sigma$ vers l'intérieur du fluide. On a donc, en menant à $d\sigma$ une normale infiniment petite δn pour figurer le *cheminement normal* de $d\sigma$ durant dt, c'est-à-dire égale à $-V_n \, dt$, si le liquide envahit l'espace environnant, et à $V_n \, dt$, s'il délaisse cet espace ou recule sur lui-même,

$$(1) \qquad d\left(\sum \frac{M}{2} V^2 + \sum Mg\beta\right) = \int_\sigma (\mp \delta n) p_1 \, d\sigma.$$

Mais cette formule contient à son second membre la pression *intérieure* p_1, qui ne constitue pas une donnée naturelle des questions et qu'il y a lieu, par conséquent, d'éliminer, pour faire figurer, à la place, la pression *extérieure* p, au contraire connue (et même constante) dans la plupart des problèmes, où le fluide extérieur n'est autre que l'atmosphère. Or cette élimination de p_1, dont on sait que la valeur est

$$f\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) + p$$

(R et R' désignant les deux rayons principaux de courbure de $d\sigma$), impliquera que l'on comprenne les couches superficielles σ dans le système matériel

à étudier; ce qui obligera d'y considérer le travail des tensions f intérieures aux couches, et même celui des *tractions tangentielles* $f_1\, dl$ de la paroi *sur le contour* des mêmes couches, contour qui, généralement, s'y déplace et la *balaie*.

IV. Le but est atteint par la substitution à p_1, dans le second membre de (1), de sa valeur rappelée ci-dessus. Le second membre de (1) se dédouble ainsi en deux termes, dont le second exprimera le travail élémentaire, que nous écrirons $d\mathcal{E}_e$ (*travail extérieur*), des pressions $p\, d\sigma$ du fluide ambiant. Quant au premier terme, devenu un travail de forces en grande partie intérieures au système, il sera, pour chaque surface σ *d'un seul tenant* ou fermée, ou limitée à un contour l s'appuyant sur une paroi,

$$f\int_\sigma\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)(\mp\,\delta n)\,d\sigma. \tag{2}$$

Nous y évaluerons la somme des deux courbures principales $\frac{1}{R}$, $\frac{1}{R'}$ de la couche σ, dont les situations successives dans l'espace constituent une certaine famille $\tau(x, y, z) =$ const. de surfaces, par une formule très simple, convenant à une telle famille continue quelconque, et que j'ai donnée en 1887 dans mon *Cours d'Analyse infinitésimale pour la Mécanique et la Physique* (t. I, fasc. II, p. 74*). Cette formule emploie les trois cosinus directeurs α, β, γ de la normale δn, menée en (x, y, z) à la surface $\tau =$ const. qui y passe et du côté où le paramètre τ grandit (ce qui arrivera ici pour nos δn si l'on adopte, par exemple, comme paramètre τ caractéristique de chaque surface, l'instant même t de sa réalisation). Elle est

$$\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}=-\left(\frac{d\alpha}{dx}+\frac{d\beta}{dy}+\frac{d\gamma}{dz}\right),$$

à la condition d'y compter positivement les rayons R, R' quand le centre de courbure correspondant se trouve dans la direction de δn. Or il n'en est ainsi, dans notre formule (2), que lorsque la couche superficielle refoule le liquide, c'est-à-dire dans le cas du signe inférieur de $(\mp\,\delta n)$.

Dans le cas contraire du signe supérieur, il faut changer les signes des cosinus directeurs; en sorte que la formule générale à employer ici sera

$$\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}=\pm\left(\frac{d\alpha}{dx}+\frac{d\beta}{dy}+\frac{d\gamma}{dz}\right). \tag{3}$$

Le terme (2) exprimant le travail élémentaire des forces qu'introduit

dans le système la couche superficielle devient donc, en définitive,

$$(4)\qquad -f\int_{\sigma}\left(\frac{d\alpha}{dx}+\frac{d\beta}{dy}+\frac{d\gamma}{dz}\right)\delta n\,d\sigma = -f\int_{\delta\varpi}\left(\frac{d\alpha}{dx}+\frac{d\beta}{dy}+\frac{d\gamma}{dz}\right)d\varpi,$$

si l'on observe que $\delta n\,d\sigma$ représente le volume $d\varpi$ décrit par l'élément $d\sigma$ de couche superficielle, et si l'on appelle $\delta\varpi$ la somme de tous les volumes élémentaires pareils, pour la couche entière σ *d'un seul tenant* à contour l balayant une paroi σ_1.

V. L'intégrale de volume y est, comme on voit, de celles qu'une intégration immédiate transforme en une autre, prise sur toute la surface limitant ce volume $\delta\varpi$ et qui comprendra, ici : 1° la surface mobile σ, avant son déplacement; 2° cette surface mobile dans sa nouvelle situation, et que nous appellerons alors σ'; 3° enfin l'aire $\delta\sigma_1$ de paroi balayée par le contour l. La fonction sous le nouveau signe $\int$, ou multipliant l'élément d'une partie quelconque de ces trois surfaces, sera d'ailleurs le trinome $\alpha\lambda+\beta\mu+\gamma\nu$, si l'on appelle λ, μ, ν les trois cosinus directeurs de la normale à l'élément considéré, tirée vers le dehors du volume $\delta\varpi$: c'est le cosinus de l'angle des normales aux deux figures génératrice et engendrée, égal à 1 sur σ' (où $\lambda=\alpha$, $\mu=\beta$, $\nu=\gamma$), à -1 sur σ (où $\lambda=-\alpha$, $\mu=-\beta$, $\nu=-\gamma$) et au cosinus de l'angle φ de raccordement sur $\delta\sigma_1$, où l'angle des deux normales à la paroi et à la couche superficielle est celui de leurs surfaces respectives.

La seconde expression (4) devient ainsi $-f(\sigma'-\sigma+\cos\varphi.\delta\sigma_1)$, c'est-à-dire $-f\delta\sigma-f_1\delta\sigma_1$, vu que $f\cos\varphi=f_1$. Or $-f_1\delta\sigma_1$ est visiblement le travail des résistances tangentielles $f_1\,dl$ qu'oppose la paroi à l'étalement sur elle du liquide. Donc, il reste le terme $-f\delta\sigma$, pour exprimer le travail des *actions intérieures* de la couche superficielle, travail que ne pouvait manquer d'introduire aussi, au second membre de l'équation des forces vives, l'adjonction de cette couche au système matériel considéré.

On peut écrire encore ces deux travaux, l'un intérieur, l'autre extérieur, $-\delta(f\sigma)$, $-\delta(f_1\sigma_1)$; et, sous cette forme, ils constituent le décroissement, *la dépense*, de deux *capitaux de travail*, $f\sigma$, $f_1\sigma_1$, cachés, respectivement, l'un, $f\sigma$, dans la couche superficielle σ, l'autre, $f_1\sigma_1$, dans son contour l ou dans la paroi σ_1 qu'il balaie. On peut les appeler, le premier ($f\sigma$), *l'énergie potentielle de tension de la couche* σ, le second ($f_1\sigma_1$), *l'énergie potentielle de résistance de la paroi* σ_1 *à son recouvrement* (*croissant*) *par le liquide*.

Comme chaque couche superficielle mobile, ou libre ou de transition, du liquide, et balayant une paroi, donnera deux termes analogues, on aura en tout comme second membre de l'équation (1), en appelant $d\mathfrak{T}_e$ le travail total des pressions normales $p\,d\sigma$ exercées sur les couches superficielles par les fluides extérieurs,

$$(5) \qquad d\mathfrak{T}_e - d\Sigma f\sigma - d\Sigma f_1\sigma_1.$$

VI. Il est naturel de transposer au premier membre de l'équation les variations des *énergies potentielles de superficie*, pour les adjoindre aux variations des deux énergies actuelle et potentielle de *volume* ou de *masse*, qui y figurent déjà; et l'équation des forces vives prend ainsi, pour le liquide considéré, la forme définitive, d'ailleurs bien connue, que je me proposais ici de démontrer d'une manière me paraissant nouvelle et simple,

$$(6) \qquad d\left(\Sigma\frac{M}{2}V^2 + \Sigma M g \mathfrak{b} + \Sigma f\sigma + \Sigma f_1\sigma_1\right) = d\mathfrak{T}_e.$$

Elle exprime que l'énergie totale de la masse liquide, dans son mouvement *visible*, comprend son énergie actuelle $\Sigma\frac{M}{2}V^2$, son énergie potentielle de pesanteur $\Sigma M g \mathfrak{b}$, l'énergie potentielle propre, $\Sigma f\sigma$, de ses surfaces ou libres, ou séparatives du liquide d'avec d'autres fluides, enfin, l'énergie potentielle, $\Sigma f_1\sigma_1$, de résistance des parois (fixes) à l'extension du liquide sur elles; et que cette énergie totale reçoit, d'un instant à l'autre, un accroissement égal au travail des pressions normales $p\,d\sigma$ qu'exercent sur les couches superficielles les divers fluides environnants.

CHIMIE. — *Sur une remarquable condition de l'attaque du quartz par l'acide fluorhydrique gazeux*. Note de MM. **Armand Gautier** et **P. Clausmann**.

Lorsque, tout au début de nos études sur le fluor, nous avons voulu essayer, pour caractériser le gaz fluorhydrique, de substituer à la gravure sur verre, variable avec les divers échantillons, la gravure sur quartz, nous n'avons pas été peu surpris de constater que la lame de quartz parfaitement polie dont nous nous servions, placée dans les conditions les plus favorables [1], ne paraissait nullement atteinte par des quantités de gaz

[1] *Comptes rendus*, t. 154, p. 1753.

fluorhydrique cent fois supérieures à celle qui donne une belle gravure sur verre. Surpris de cette constatation, nous avons cependant réussi, en augmentant beaucoup la proportion de gaz fluorhydrique réagissant, à apercevoir, durant une fraction de seconde, sur le miroir du quartz parfaitement poli, et seulement en y insufflant l'haleine, la gravure du cadran caractéristique d'une très, très légère attaque; cette gravure répond à peine à celle que donnerait, dans ces conditions, sur le verre ordinaire, une quantité de gaz fluorhydrique mille fois plus faible.

En examinant à la lumière polarisée la plaque de quartz du laboratoire qui nous avait servi dans cette expérience, nous avons constaté qu'elle avait été taillée perpendiculairement à l'axe ([1]). Dès lors, faisant la remarque que le quartz en poudre est assez facilement atteint par l'acide fluorhydrique, nous avons pensé que l'attaque de cette matière, presque nulle sur les surfaces perpendiculaires à l'axe du cristal, devait être bien plus puissante sur les surfaces taillées parallèlement à l'axe.

Les faits ont confirmé cette prévision. Nous avons constaté qu'en nous plaçant dans des conditions identiques à celles ci-dessus, une lame de quartz ainsi taillée parallèlement à l'axe est notablement dépolie dans toutes les parties exposées à l'atteinte du gaz fluorhydrique.

Ayant, d'autre part, fait polir deux facettes d'un cristal naturel, facettes adjacentes et parallèles à l'axe, nous avons constaté que la gravure paraissait égale sur les deux faces, quoique un peu plus faible que dans le cas précédent.

Continuant ces recherches, nous avons essayé de faire mordre le gaz fluorhydrique sur les facettes triangulaires, préalablement polies, du pointement du cristal de quartz. On sait que trois d'entre elles répondent au rhomboèdre primitif, et trois autres, généralement un peu plus étroites, au rhomboèdre inverse. Nous avons trouvé, en agissant toujours dans les mêmes conditions, que les facettes répondant au rhomboèdre direct sont presque insensiblement atteintes (à peu près comme la lame de quartz perpendiculaire à l'axe, et peut-être un peu moins encore); au contraire, les facettes triangulaires du pointement, répondant au rhomboèdre inverse, sont dépolies comme le sont les lames taillées parallèlement à l'axe.

Enfin, si l'on fait agir, toujours dans les mêmes conditions, la même quantité de gaz fluorhydrique sur une lame de quartz fondu et polie, on

([1]) Encore devons-nous remarquer que cette lame perpendiculaire à l'axe était fortement maclée, ce qui a pu favoriser sa très légère corrosion.

obtient une belle gravure, visible cette fois sans le secours de l'haleine, quoique encore bien moins marquée que celle qu'on obtient sur verre.

Si l'on compare entre elles les gravures ainsi obtenues chaque fois avec 1 milligramme de gaz fluorhydrique et sans qu'aucune partie de ce gaz ait pu s'échapper durant l'action [1], on trouve que la dernière, la gravure sur quartz fondu, répond à celle que donne, sur notre échelle de gravures sur verre, le $\frac{1}{10}$ de milligramme de gaz fluorhydrique ; les secondes, celles sur lame de quartz taillée parallèlement à l'axe ou sur les facettes du pointement appartenant au rhomboèdre inverse, répondent au $\frac{1}{100}$ de milligramme sur verre ; tandis que la gravure sur lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe ou la facette du pointement rhomboédrique direct, est presque invisible et répond à celle que donne sur verre le $\frac{1}{1000}$ de milligramme de gaz fluorhydrique.

Sous une autre forme, on peut dire que :

L'attaque du verre étant égale à 1000, celle du quartz fondu est égale à 100 environ;

Celle du quartz taillé parallèlement à l'axe et celle des facettes du pointement répondant au rhomboèdre inverse égale à 11 et 12;

Celle du quartz taillé perpendiculairement à l'axe, ou celle des facettes du pointement rhomboédrique direct, égale à 1 environ.

Le quartz est donc attaqué sur les surfaces parallèles à l'axe de ses cristaux naturels, ou sur celle de ses facettes de pointement répondant au rhomboèdre inverse, *au moins* dix fois plus que sur les facettes taillées perpendiculairement à l'axe ou sur les facettes des pointements triangulaires de ses cristaux répondant au rhomboèdre direct.

Il est curieux de constater ici la différence considérable qu'exerce le même réactif sur une même substance chimique, selon qu'on la lui présente par telle ou telle de ses faces cristallines, c'est-à-dire des assemblages ou facettes de ses molécules constitutives.

On savait depuis longtemps que les facettes d'un cristal en train de grossir dans son eau mère attirent chacune, suivant un mode qui lui est propre, les molécules de même substance restées dissoutes. Les recherches de Pasteur sur la réparation des cristaux artificiellement tronqués [2] et celles de Lecoq de Boisbaudran sur l'accroissement des cristaux [3], suffisent à bien établir ce fait.

---

(1) Voir la description de la méthode (*Comptes rendus*, t. 154, p. 1753).

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. LIX, p. 16.

(3) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. XXIII, p. 390, et *Comptes rendus*, t. 80, p. 1007.

Mais cette élection apparente des facettes d'un cristal s'exerçant sur des substances de même nature peut s'expliquer par la plus ou moins facile adaptation de certaines faces des molécules dissoutes sur telles ou telles parties de l'édifice cristallin déjà formé.

On sait aussi que lorsqu'on attaque une plaque de métal (bismuth, étain, nickel, antimoine) par un acide faible, on y voit apparaître des figures géométriques indiquant qu'il est des parties plus difficiles à atteindre que d'autres, les parties cristallines se défendant mieux que les amorphes.

Déjà même, et dès 1816, F. Daniell avait observé que lorsqu'un cristal de quartz est plongé dans une solution faible d'acide fluorhydrique, il apparaît à sa surface des lignes droites qui se croisent sous des angles de 94° et 86° qui sont ceux des rhombes obtus primitifs du cristal (¹), remarque depuis souvent répétée et vérifiée sur d'autres substances cristallines. Mais sachant que les cristaux, même les plus purs, sont le plus généralement des associations en macles, on pouvait s'expliquer ces faits en admettant que, comme dans le cas des lames métalliques, les assemblages cristallins peuvent être plus facilement atteints dans les travées de ces macles, soit que la matière y soit moins homogène, moins parfaitement associée, de structure irrégulière, peut-être même amorphe, et par conséquent plus facile à se laisser pénétrer et atteindre. Mais jusqu'ici, pensons-nous, on n'avait pas montré clairement qu'il peut exister une relation entre l'orientation des diverses faces d'un cristal, et par conséquent l'orientation des molécules dont il est formé, et l'énergie des actions chimiques qui atteignent les diverses facettes de cette molécule constituante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Tétraalcoylation de l'α ou 1-méthylcyclohexanone.* Note de M. A. HALLER.

Dans notre dernière Communication (²), nous avons mentionné les difficultés rencontrées dans l'alcoylation, par l'intermédiaire de l'amidure de sodium, de la cyclohexanone. Nous avons, en effet, montré que si l'on réussit à produire, avec des rendements passables, des méthyle et allyle cyclohexanones, les tentatives faites pour obtenir des dérivés éthylés n'avaient donné que de très mauvais résultats, par suite de la condensation

(¹) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 2ᵉ série, t. II, p. 290.
(²) A. HALLER, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1199.

de la cétone sur elle-même [1]. Les essais qui suivent montrent que l'éthylation devient possible, si la cétone fondamentale contient un groupe méthyle et que la réaction est d'autant plus aisée que le radical méthyle est plus voisin du groupement carbonyle.

Dérivés de l'α-méthyl ou 1-méthylcyclohexanone. — *α.α' ou 1.5-diméthylcyclohexanone*

$$CH^2 \langle \begin{matrix} CH^2 & CH(CH^3) \\ CH^2 & CH(CH^3) \end{matrix} \rangle CO.$$

100g d'α-méthylcyclohexanone dissous dans 250g d'éther absolu sont traités peu à peu par 30g d'amidure finement pulvérisé, et, après formation du dérivé sodé, le mélange est additionné de la quantité théorique d'iodure de méthyle. La réaction de l'amidure, comme celle de l'iodure, sur le produit sodé est très vive. Quand elle est terminée, on isole le produit de substitution à la manière ordinaire.

Deux dérivés peuvent prendre naissance dans cette opération, un composé diméthylé symétrique α.α' ou 1.5, et son isomère α.α ou 1.1

$$CH^2 \langle \begin{matrix} CH^2 & CHCH^3 \\ CH^2 & CHCH^3 \end{matrix} \rangle CO \qquad CH^2 \langle \begin{matrix} CH^2 & C(CH^3)^2 \\ CH^2 & CH^2 \end{matrix} \rangle CO$$

Diméthylhexanone-1.5 ou α.α'. Diméthylcyclohexanone-1.1 ou α.α.

Mais, tandis que le premier n'est pas susceptible de fournir, en milieu alcalin, un produit de condensation avec l'aldéhyde benzoïque, le dérivé dissymétrique se combine à cette aldéhyde pour donner naissance à une *benzylidènediméthylcyclohexanone*.

Pour nous assurer s'il s'est formé du composé diméthylé 1.1, nous avons traité le produit de substitution par un peu d'éthylate de soude et d'aldéhyde benzoïque. La liqueur a jauni et a fourni, après addition d'eau, quelques gouttelettes liquides qui sont ensuite prises en masse. Après plusieurs cristallisations dans l'alcool, le corps obtenu fond à 78° et donne à l'analyse des nombres correspondant à la formule $C^{15}H^{18}O$ qui est celle de la *benzylidène-5-diméthyl-1.1-cyclohexanone*.

Les quantités de ce dernier dérivé étant très faibles, nous pouvons conclure que la réaction dominante est celle qui donne naissance au composé symétrique.

(1) A. Haller et Édouard Bauer, *Ann. de Phys. et de Chim.*, 8e série, t. XXVIII, p. 409.

La diméthylcyclohexanone 1.5 constitue un liquide à odeur légèrement camphrée qui se développe surtout à chaud. Déjà préparée par une voie plus laborieuse par M. Wallach [1], elle possède les constantes suivantes :

P. Eb. 170°-171° (corr.) (174°,5 Wallach); $d_4^{18} = 0{,}9146$ ($d_{20}^{20} = 0{,}9140$, W.), $n^{18} = 1{,}4508$ ($n^{20} = 1{,}4476$ W.) d'où R.M. = 37,05 (36,90 W.); calc. 37,00.

Semicarbazone. — Elle forme des aiguilles prismatiques fondant à 190°-191°. Zelinsky [2] signale deux semicarbazones obtenues avec la diméthylcyclohexanone provenant de la condensation de l'acide α.α' diméthylpimélique. L'une fond à 183°-184°, tandis que l'autre fond à 197°-198°.

1.1.5-*Triméthylcyclohexanone* 6 $CH^2 \langle \begin{smallmatrix} CH^2 & CH\,CH^3 \\ CH^2 & C(CH^3)^2 \end{smallmatrix} \rangle CO.$

Préparé suivant le mode habituel en partant de la diméthylcyclohexanone symétrique, ce composé se présente sous la forme d'un liquide à odeur camphrée dont les constantes sont les suivantes :

P.Éb.$_{\text{corr.}}^{755}$ = 178°-179°; $d_4^{18} = 0{,}9043$; $n_{18}^{D} = 1{,}4493$ d'où R.M. = 41,60; calc. 41,67.

1.1.5.5-*Tétraméthylcyclohexanone* 6 $CH^2 \langle \begin{smallmatrix} CH^2 & C(CH^3)^2 \\ CH^2 & C(CH^3)^2 \end{smallmatrix} \rangle CO.$

Déjà décrite précédemment [3] comme produit ultime de méthylation de la cyclohexanone, ce corps a encore été obtenu en faisant agir l'iodure de méthyle sur la triméthylcyclohexanone sodée. Le rendement à partir de cette dernière cétone peut être quantitatif, à la condition qu'on renouvelle la méthylation à plusieurs reprises, car dans la première opération on n'obtient que 35 à 40 pour 100 du rendement théorique.

1.5-*Diméthylcyclohexanol.* — Préparé au moyen du sodium et de l'alcool absolu, cet alcool forme un liquide assez visqueux dont l'odeur rappelle celle de l'eugénol.

P. Éb.$_{\text{corr.}}^{748}$ = 174°,5-175°,5; $d_4^{20} = 0{,}9235$; $n_{20}^{D} = 1{,}4628$; R. M. = 38,17; calc. 38,35.

1.1.5-*Triméthylcyclohexanol.* — Obtenu comme son homologue inférieur,

(1) WALLACH, *Ann. der Chemie*, t. 397, p. 200.
(2) ZELINSKY, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, t. 30, p. 1543.
(3) A. HALLER, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1199.

ce corps est également visqueux et possède une odeur se rapprochant aussi de celle de l'eugénol.

P. Éb.$^{733}_{\text{corr.}}$ = 186°-187°; $d_4^{20} = 0,9128$; $n_{20}^{\text{D}} = 1,4600$; R. M. = 42,61; calc. 42,95.

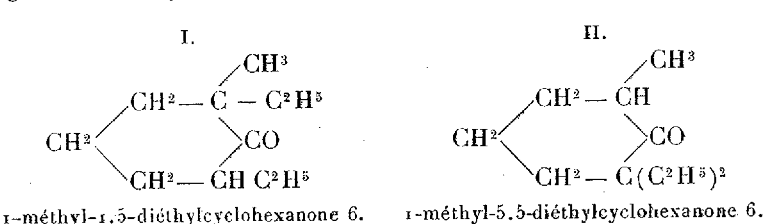
Dérivés éthylés de la 1-méthylcyclohexanone.

L'éthylation de cette hexanone s'effectue comme la méthylation : l'amidure de sodium agit à froid et très vivement sur la cétone dissoute dans l'éther, mais l'iodure d'éthyle n'entre en réaction qu'à chaud. On obtient, après neutralisation complète, un mélange de 1-méthylcyclohexanone, inaltérée, de monoéthylméthylcyclohexanone, et de diéthylméthylcyclohexanone avec 6 pour 100 environ de produit de condensation.

Soumis à une série de fractionnements, ce mélange fournit le dérivé monoéthylé, la 1-*méthyl*-5-*éthylhexanone* 6 $CH^2 \langle {CH^2 - CH \langle {CH^3 \atop} \atop CH^2 - CH \langle {\atop C^2H^5}} \rangle CO$, sous la forme d'un liquide ayant une odeur très agréable rappelant celle de l'alcool camphré.

Constantes : P. Éb.$^{715}_{\text{corr.}}$ = 194°-196°; $d_4^{20} = 0,9162$; $n_{20}^{\text{D}} = 1,4555$; R. M. = 41,45; calc. = 41,61.

1-*Méthyldiéthylhexanone* 6. — Le corps qui se forme en éthylant davantage la cétone précédente peut avoir les deux formules suivantes :



1-méthyl-1.5-diéthylcyclohexanone 6. 1-méthyl-5.5-diéthylcyclohexanone 6.

Nous sommes toutefois porté à lui attribuer de préférence la formule I pour les raisons suivantes : Au cours de nos recherches, nous avons toujours constaté : 1° que la substitution des radicaux aliphatiques saturés devenait d'autant plus laborieuse que leur poids moléculaire augmentait; 2° que des deux radicaux déjà substitués dans deux méthylènes voisins de CO, celui qui est le plus lourd, en l'espèce C^2H^5, entrave davantage le remplacement par du sodium, et partant par un nouveau radical alcoolique, de l'hydrogène qui lui est voisin.

La 1-méthyldiéthylcyclohexanone 6 constitue un liquide dont l'odeur se rapproche plutôt de la menthone que celle du camphre.

Constantes : P. Éb.$^{757}_{corr.}$ = 222°-224°; d_4^{20} = 0,9054; n_{20}^D = 1,4572; R.M. = 50,55; calc. 50,82.

1-*Méthyl*-1.5.5-*triéthylcyclohexanone* 6 $CH^2\left\langle\begin{array}{l}CH^2-C(CH^3)-C^2H^5\\ \quad\quad\quad\quad\rangle CO\\ CH^2-C(C^2H^5)^2\end{array}\right.$.

Obtenue par éthylation de la méthyldiéthylhexanone sodée précédente, cette cétone est un liquide dont l'odeur rappelle celle de la menthone tout en se rapprochant davantage de celle de la diméthylmenthone.

Constantes: P. Éb.$^{765}_{corr.}$ = 249°-252°; Éb.$^{16}_{corr.}$ = 123°-126°; d_4^{20} = 0,9132; n_{20}^D = 1,4634; R.M. = 59,17; calc. 60,00.

Les résultats que nous venons de signaler montrent que l'éthylation de la 1-méthylcyclohexanone peut se réaliser successivement, au sein de l'éther, jusqu'au dérivé triéthylé inclusivement et sans qu'on observe la formation de notables quantités de produits de condensation de la 1-méthylcyclohexanone sur elle-même.

1-*Méthyl*-1-*éthylcyclohexanol* $CH^2\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH-CH^3\\ \quad\quad\quad\quad\rangle CHOH\\ CH^2-CHC^2H^5\end{array}\right.$.

Préparé comme tous les alcools de ce groupe, ce composé possède une odeur d'eugénol.

Constantes : P. Éb.$^{761}_{corr.}$ = 202°-204°; d_4^{20} = 0,9268; n_{20}^D = 1,4689; R.M. = 42,78; calc. 42,95.

1-*Méthyldiéthylcyclohexanol* $CH^2\left\langle\begin{array}{l}CH^2\ C(CH^3)-C^2H^5\\ \quad\quad\quad\quad\rangle CHOH\\ CH^2\ CHC^2H^5\end{array}\right.$.

Alcool possédant la même odeur que son homologue inférieur.

P. Éb.$^{749}_{corr.}$ = 232°-235°; d_4^{20} = 0,9206; n_{20}^D = 1,473; R. M. = 51,85; calc. 52,15.

1-*Méthyl*-1.5.5-*triéthylcyclohexanol* $CH^2\left\langle\begin{array}{l}CH^2\ C(CH^3)-C^2H^5\\ \quad\quad\quad\quad\rangle CHOH\\ CH^2\ C(C^2H^5)^2\end{array}\right.$.

Ce corps, qui ressemble beaucoup comme odeur aux deux alcools que nous venons de signaler, est également liquide et possède les constantes suivantes :

P. Éb.$^{759}_{corr.}$ = 258°-260°; $d_4^{20} = 0,9255$; $n_{20}^{D} = 1,4769$; R. M. = 60,49; calc. 61,36.

Récapitulons, sous la forme de Tableaux, les différentes constantes des méthylcyclohexanones et des méthyléthylcyclohexanones.

Méthylcyclohexanones.

	Points d'ébullition.	Différence.	Densités. d_4^{18}.	Densités. Différence.	Indices de réfraction. n_{18}^{D}.	Indices de réfraction. Différence.
1-méthylcyclohexanone	163°-163°,5		0,9251		1,4522	
		7-8		—0,0105		—0,0014
1.5-diméthylcyclohexanone	170-171		0,9146		1,4508	
		8		—0,0103		—0,0015
1.1.5-triméthylcyclohexanone	178-179		0,9043		1,4493	
		7		—0,0116		—0,0016
1.1.5.5-tétraméthylcyclohexanone	185-186		0,8927		1,4477	

Il résulte de ces données que l'introduction successive de groupes méthylés dans la cyclohexanone élève le point d'ébullition d'une façon progressive, tandis qu'elle fait diminuer la densité et l'indice de réfraction, et que les diminutions observées sont sensiblement les mêmes par chaque ordre de ces constantes.

Méthylcyclohexanols.

	Point d'ébullition.	Densités.	Indices de réfraction.
1-méthylcyclohexanol	166°,0-167°,0 (corr.) (sous 760mm)	$d_4^{18} = 0,9358$	$n_{18}^{D} = 1,4653$
1.5-diméthylcyclohexanol	174,5-175,5 (corr.) (sous 748mm)	$d_4^{20} = 0,9235$	$n_{20}^{D} = 1,4628$
1.1.5-triméthylcyclohexanol	186,0-187,0 (corr.) (sous 753mm)	$d_4^{20} = 0,9128$	$n_{20}^{D} = 1,4600$
1.1.5.-tétraméthylcyclohexanol	195,0-197,0 (corr.) (sous 767mm)	$d_{17} = 0,9001$	$n_{17}^{D} = 1,455$

Bien que les points d'ébullition de ces alcools substitués n'aient pas été pris à la même pression et que densités et indices de réfraction aient été mesurés à des températures différentes, on n'en observe pas moins, pour les premiers, une progression régulièrement ascendante et, pour les deux autres constantes, une diminution également régulière.

Méthyléthylcyclohexanones.

	Points d'ébullition.	Différ.	Densités. $d_4^{20°}$.	Différence.	Indices de réfraction. $n_{20°}^{D}$.	Différence.
1-méthylcyclohexanone	163°-163°,5		0,9231		1,4512	
1-méthyl-5-éthylcyclohexanone	194-196	31	0,9162	−0,0069	1,4555	+0,0043
1-méthyl-1.5-diéthylcyclohexanone	222-224	28	0,9054	−0,0108	1,4572	+0,0017
1-méthyl-1.5.5-triéthylcyclohexanone	249-252	28	0,9132	+0,0078	1,4634	+0,0062

Tandis que les points d'ébullition des cétones augmentent régulièrement d'un terme à l'autre, on remarque que, pour les densités, il y a d'abord un fléchissement, puis une autre plus-value de 0,0078 pour le dernier terme par rapport à celui qui le précède. Quant aux indices de réfraction, à l'inverse de ce que nous avons observé avec les méthylcyclohexanones, leur valeur subit une augmentation du premier au quatrième terme.

Méthyléthylcyclohexanols.

	Point d'ébullition.	Différ.	Densités.	Différences.	Indices de réfraction.	Différences.
1-méthylcyclohexanol	166°-167° (corr.) sous 760mm		$d_4^{18} = 0,9358$		$n_{18}^{D} = 1,4653$	
1-méthyl-5-éthylcyclohexanol	202-204 (corr.) sous 760mm	37	$d_4^{20} = 0,9268$	−0,0090	$n_{20}^{D} = 1,4689$	+0,0036
1-méthyl-1.5-diéthylcyclohexanol	232-235 (corr.) sous 749mm	31	$d_4^{20} = 0,9206$	−0,0062	$n_{20}^{D} = 1,4730$	+0,0041
1-méthyl-1.5.5-triéthylcyclohexanol	258-260 (corr.) sous 759mm	25	$d_4^{20} = 0,9255$	+0,0049	$n_{20}^{D} = 1,4769$	+0,0039

Le Tableau des constantes des alcools donne lieu aux mêmes observations que celui des mêmes constantes des cétones correspondantes.

Nous poursuivons l'étude de ces cyclohexanones substituées et donnerons prochainement les résultats obtenus avec les β-méthyl et γ-méthylcyclohexanones.

Dans ce travail, nous avons été très heureusement secondé par notre préparateur, M. Cornubert, auquel nous adressons nos meilleurs remerciements.

PHYSIQUE. — *Des conditions d'équilibre de l'atmosphère solaire, eu égard à la force répulsive de la radiation.* Note [1] de **M. G. Gouy.**

1. Comme on l'a remarqué depuis longtemps, les couches extérieures du Soleil sont bien plus étendues que ne le comportent la gravité et la loi de Mariotte. Par exemple, pour l'hydrogène à 3000° absolus, une différence de niveau de 32^{km} devrait diminuer la pression de moitié; par suite, une différence de niveau de 5000^{km} devrait donner, pour le rapport des pressions, un nombre voisin de $\left(\frac{1}{2}\right)^{156} = 10^{-47}$. Une couche d'hydrogène qui aurait, à la surface de la photosphère, une pression d'une atmosphère, ne posséderait plus, à 5000^{km} de hauteur, qu'une densité pratiquement nulle [2]. A cette hauteur cependant le spectre de l'hydrogène se montre toujours avec intensité.

Sans discuter ici les diverses explications proposées, je vais examiner le rôle que peut jouer la pression de radiation, s'exerçant sur les gaz et les vapeurs solaires. Cette pression de radiation a été souvent envisagée pour les poussières de la couronne. Son existence pour les gaz absorbants, comme loi physique générale, a été établie par les expériences de M. P. Lebedew [3], qui a constaté que la force exercée sur le gaz est la même que sur un corps noir, pour une même énergie radiante *absorbée*. Ce résultat, déjà prévu par certaines théories, peut du reste être démontré d'une manière élémentaire.

2. Considérons une enceinte où se trouve une source de lumière qui lui est fixée. Ce système ne peut tendre à se déplacer de lui-même, sous l'action de la pression de la radiation. Imaginons qu'une des parois, noire, reçoive un faisceau sensiblement parallèle, de puissance radiante W [4], et se trouve recouverte d'une couche gazeuse qui absorbe la fraction a de l'énergie de cette radiation. Soit F la force qu'exercerait la radiation sur

---

(1) Adressée à la séance du 15 juillet 1913.

(2) Si le gaz avait uniformément cette densité, l'intervalle moyen de ses molécules serait plus grand que le diamètre du globe terrestre.

(3) *Annalen der Physik*, 1910.

(4) Énergie de la radiation pendant 1 seconde.

cette paroi, si le gaz n'existait pas. On a, d'après la loi connue,

$$F = \frac{W}{c},$$

c étant la vitesse de la lumière.

L'absorption du gaz réduit la puissance radiante reçue par la paroi à la valeur $W(1-a)$, et la force exercée sur la paroi devient

$$F' = \frac{W}{c}(1-a).$$

Il faut donc, par compensation, qu'il s'exerce sur le gaz la force

$$F - F' = \frac{aW}{c}.$$

3. Considérons maintenant, dans l'atmosphère solaire, une couche mince horizontale, de 1^{cm^2} de surface; soit p son pouvoir absorbant pour la longueur d'onde λ et pour un rayon *vertical*. La couche est assez mince pour que p soit très petit. Soit un faisceau compris entre λ et $\lambda + d\lambda$, faisant avec la verticale l'angle α. Appelons dW sa puissance radiante pour la couche considérée. Le pouvoir absorbant de la couche devient $\frac{p}{\cos\alpha}$, et la force exercée par la radiation est $\frac{p}{\cos\alpha}\frac{dW}{c}$; sa composante verticale est $p\frac{dW}{c}$. En tenant compte des faisceaux plus ou moins obliques, qui sont symétriques autour de la verticale, on voit qu'à cette couche sera appliquée la force verticale dF dirigée vers le haut,

$$dF = \frac{1}{c} p f(\lambda)\, d\lambda,$$

en désignant par $f(\lambda)\,d\lambda$ le flux d'énergie radiante qui traverse en 1 seconde, de bas en haut, 1^{cm^2} de surface horizontale (¹).

Si l'on considère l'ensemble du rayonnement, la pression de radiation appliquée à la couche considérée sera

(1) $$F = \frac{1}{c}\int_0^\infty p f(\lambda)\, d\lambda \text{ (}^2\text{)}.$$

(¹) Ce flux sera, en général, la différence des énergies radiantes qui se propagent de bas en haut et de haut en bas.

(²) Pour une couche où p ne serait pas très petit, l'équation (1) ne serait exacte que dans le cas où le rayonnement serait en totalité vertical, ce qui n'a pas lieu près du Soleil.

Cette force F est appliquée aux molécules de la vapeur absorbante, que cette vapeur soit pure, ou bien diluée dans des gaz non absorbants, comme dans une flamme colorée. Soit q la masse de vapeur absorbante contenue dans la couche considérée, P le poids de cette masse, φ la force appliquée à une molécule de poids ϖ; nous avons

$$\frac{\varphi}{\varpi} = \frac{F}{P} = \frac{F}{2,69.10^4 q}. \tag{2}$$

4. Nous allons maintenant utiliser les données acquises sur la vapeur de sodium ([1]), mais, en raison des lacunes qu'elles présentent, nous n'obtiendrons pour $\frac{\varphi}{\varpi}$ qu'une valeur approchée par défaut. Nous ne tiendrons compte que de l'absorption de la raie D, et nous substituerons donc, aux limites o et ∞ de l'intégrale (1) des longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 arbitraires, mais comprenant la totalité de la raie. Les λ seront évalués en microns, les autres quantités en unités C.G.S.

Supposons que la photosphère rayonne, sur la couche considérée, comme un corps noir à 6000° absolus. D'après la formule de Planck, on a, pour la longueur d'onde 0,589,

$$f(\lambda) = 1,04.10^{11}, \tag{3}$$

et par suite, d'après (1),

$$F \geqq 3,47 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} p \, d\lambda. \tag{4}$$

Appelons q' la masse de vapeur de sodium contenue dans la couche considérée, masse évaluée avec nos unités conventionnelles; q est la même masse en grammes, et i l'éclat de la raie en unités conventionnelles. D'après les relations connues, nous avons, pour de petites valeurs de q',

$$i = 1,054 q' \text{ ([2])}, \tag{5}$$

([1]) On ne doit pas appliquer sans réserve à l'atmosphère solaire ces données, fournies par les flammes colorées, où les conditions de température, de pression, etc., sont différentes; il ne peut être question que du sens et de l'ordre de grandeur des phénomènes.

([2]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1879.

et, d'après les évaluations des unités conventionnelles,

$$q \lesseqgtr 1,21.10^{-11} q' \text{ (}^1\text{)}, \tag{6}$$

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} p\, d\lambda = 4,2.10^{-6} i \text{ (}^2\text{)}. \tag{7}$$

La relation (4) s'écrit donc

$$F \gtreqless 1,27.10^6 q, \tag{8}$$

et l'équation (2) nous donne

$$\frac{\varphi}{\varpi} \gtreqless 47. \tag{9}$$

La force répulsive φ *serait donc beaucoup plus grande que le poids* ϖ *de la molécule*, et celle-ci tendrait à s'échapper du Soleil; mais les conditions du problème que nous avons traité ne sont pas celles de la réalité.

5. Nous avons fait le calcul comme si la molécule de sodium était soumise à un rayonnement pareil à celui d'un corps noir à 6000°. C'est ce qui aurait lieu, en effet, si la raie D de Fraunhofer n'existait pas, c'est-à-dire si la vapeur de sodium était si rare dans l'atmosphère solaire qu'elle ne produisît pas d'absorption visible ([3]). En réalité, l'existence de la raie de Fraunhofer diminue beaucoup $f(\lambda)$, et par suite φ est bien plus petit que la valeur calculée. Deux cas principaux se présentent tout d'abord à l'esprit :

a. La molécule de sodium considérée est une des plus hautes dans l'atmosphère solaire. Une étude spectrophotométrique détaillée de la raie D de Fraunhofer pourra, en principe, nous donner les valeurs de $f(\lambda)$ et permettre le calcul de φ. Cette force répulsive sera inférieure au poids de la molécule si la raie D est suffisamment *obscure*, ce qui est encore compatible avec l'existence d'une température très élevée dans cette région ([4]).

([1]) *Comptes rendus*, 24 juin 1912.

([2]) *Comptes rendus*, 3 mars 1879.

([3]) Cela n'a pas lieu pour le sodium, mais n'est pas impossible d'une manière générale. Il semble que, par ce mécanisme, le Soleil doit expulser ou avoir expulsé jadis ceux des métaux qu'il ne contient ou ne contenait qu'en quantité relativement minime, pourvu toutefois que la *réaction spectroscopique* de ces métaux soit très sensible, c'est-à-dire qu'une très petite quantité soit suffisante pour montrer des raies spectrales.

([4]) A 3000° absolus, l'émission d'un corps noir (pour $\lambda = 0,589$) n'est que 0,016 de ce qu'elle est à 6000°.

b. La couche considérée est à une profondeur telle que les rayons qui la traversent sont, pour la raie D, émis et absorbés entièrement au sein de la masse gazeuse, où la température croît continûment avec la profondeur. Le flux $f(\lambda)d\lambda$ sera négligeable dès que la vapeur, moins extrêmement raréfiée, sera assez opaque pour que les molécules qui rayonnent à travers la couche dans les deux sens aient des températures peu différentes et se neutralisent ainsi pour l'effet différentiel $f(\lambda)\,d\lambda$.

En remontant à partir de la profondeur où se réalise encore le cas *b*, la répulsion φ deviendra de plus en plns grande et pourra être comparable à la pesanteur dans l'atmosphère solaire proprement dite. Il pourra s'y réaliser un état d'équilibre dans lequel la force résultante $\varpi - \varphi$, qui agit sur une molécule, sera partout dirigée vers le bas, mais ne sera qu'une petite fraction de la pesanteur. Comme φ varie en sens inverse de la quantité de vapeur existant dans cette atmosphère, un pareil état d'équilibre sera stable, abstraction faite des courants de convection. Dès lors, la relation entre la hauteur et la densité de vapeur sera, pour l'ensemble de l'atmosphère, comparable à ce qu'elle serait si la gravité, réduite à une petite fraction de sa valeur réelle, était seule en cause, et la grande épaisseur des couches de l'atmosphère solaire en résultera naturellement.

6. Il résulte de ce qui précède que la répulsion exercée par la radiation sur les vapeurs métalliques du Soleil doit être prise en considération, sans qu'on puisse actuellement lui assigner une valeur précise, faute de connaître toutes les données du problème. Cette répulsion sera d'autant plus importante, vis-à-vis de la pesanteur, que la quantité de vapeur nécessaire pour rendre sensibles les raies spectrales sera plus petite ([1]). Il paraît donc naturel que le calcium qui, aux températures très élevées, jouit de cette propriété à un haut degré, s'élève à une hauteur exceptionnelle dans l'atmosphère solaire.

Nous avons envisagé jusqu'ici les vapeurs métalliques, qui produisent en général leurs raies d'absorption sans exiger de conditions particulières. Pour la plupart des gaz proprement dits (hydrogène, hélium, etc.), l'absorption ne devient sensible que lorsque le gaz est rendu *actif* par des actions électriques. Dans cet état actif, les molécules du gaz seront soumises à la répulsion φ et elles en seront exemptes dans leur état normal. Les

---

([1]) Nous nous sommes bornés ici au sodium, mais il sera peut-être possible, par la suite, de donner quelques nombres relatifs à d'autres substances.

conséquences générales de cette répulsion seront conformes à ce que nous venons de voir. Il faut ajouter cependant que, si les conditions électriques qui rendent le gaz actif cessent d'exister au-dessus d'une certaine hauteur, la répulsion cessera aussi d'agir. Il n'est donc pas impossible qu'un gaz, sans quitter le Soleil, se trouve accumulé par ce mécanisme dans les couches extérieures; c'est peut-être le cas de l'hélium, dont le spectre présente des anomalies qui s'expliqueraient naturellement si la densité de ce gaz était maximum à une certaine hauteur.

En présentant à l'Académie le Tome XXXI des *Annales de l'Observatoire de Paris* (*Mémoires*), M. **B. Baillaud** s'exprime en ces termes :

Le Volume que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie complète de la façon la plus satisfaisante l'œuvre entreprise par M. A. Gaillot, astronome honoraire de l'Observatoire, ancien sous-directeur.

L'Académie n'a pas oublié que, en 1904, sous la direction de Lœwy, parut le Tome XXIV des *Mémoires* de l'Observatoire, publié grâce à une subvention prélevée par l'Académie sur le Fonds Debrousse. Ce Volume de 510 pages contenait une addition à la théorie du mouvement de Saturne de Le Verrier et une révision complète des Tables de cette planète. Ce Volume était l'œuvre de M. A. Gaillot. Depuis cette date, l'usage qui a été fait de ces Tables et leur comparaison aux observations les plus récentes en ont démontré l'exactitude.

En 1910, j'eus l'honneur de présenter à l'Académie le Tome XXVIII de nos *Mémoires* contenant la révision par M. A. Gaillot des théories des planètes Uranus et Neptune et de leurs Tables. C'était un Volume de 530 pages dont les résultats n'ont pas été inférieurs à ceux du premier.

La théorie de Jupiter forme aujourd'hui le Tome XXXI. Ce Volume de 318 pages représente, comme les précédents, un travail considérable. M. Gaillot a pu se faire aider pour certains calculs, grâce à une subvention qui lui a été accordée sur le Fonds mis à la disposition de l'Académie par S. A. le Prince R. Bonaparte; nous nous unissons à M. Gaillot pour exprimer à notre généreux Confrère notre reconnaissance.

M. Gaillot a attribué les écarts existant entre la théorie de Le Verrier et les observations à ce que l'illustre astronome n'a pas tenu compte des termes du troisième ordre par rapport aux masses. Il a calculé ces termes

par la méthode d'interpolation telle qu'il l'avait appliquée à Saturne. Il a, de plus, utilisé les observations faites jusqu'en 1907, tandis que Le Verrier s'était arrêté à 1869.

Une vérification du travail de M. Gaillot se trouve dans la valeur $\frac{1}{3499,8}$ que l'ensemble de ses équations de condition lui a donnée pour la masse de Saturne. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* indique $\frac{1}{3501}$; Le Verrier avait obtenu $\frac{1}{3529,6}$, valeur tout à fait discordante. Et cet écart ne tient pas à l'utilisation des observations les plus récentes, car M. Gaillot, en tenant compte seulement de la série utilisée par Le Verrier, a trouvé pour la masse de Saturne et pour les valeurs initiales des éléments de l'orbite de Jupiter, des valeurs à peu près identiques à celles que lui a données la série complète : il n'y a d'exception que pour le moyen mouvement dont les valeurs diffèrent de $\frac{1}{100}$ de seconde.

Ce sera une grande satisfaction pour l'Académie et pour le Bureau des Longitudes que de voir les Tables de Le Verrier reprendre toute leur valeur et ne le céder en rien aux autres Tables élaborées depuis. C'est un bien admirable emploi que M. Gaillot, notre correspondant, a fait de ses loisirs, entre 70 et 80 ans, depuis dix années qu'il a été admis à la retraite. L'Observatoire de Paris ne saurait oublier qu'après avoir été, pendant de longues années, le collaborateur de Le Verrier, il en a été le continuateur, tenant ainsi une promesse qu'il avait faite à son illustre maître à son lit de mort.

M. **Yves Delage** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage suivant : *La Parthénogénèse naturelle et expérimentale*, par Yves Delage et M. Goldsmith.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Bazin*, nommé Membre non résident.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 31,

M. Magnus de Sparre obtient	. . . .	27 suffrages
M. J. Andrade »	. . . .	2 »
M. H. Parenty »	. . . .	1 suffrage

Il y a un bulletin nul.

M. **Magnus de Sparre**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Mécanique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco*, publiées sous sa direction, avec le concours de M. Jules Richard, Docteur ès sciences, chargé des travaux zoologiques à bord. Fasc. XLI et XLIV.

2° *Inauguration de l'Institut français d'Espagne*, 26 mars 1913. (Universités de Bordeaux et de Toulouse.)

3° *Électronique et Biologie*, par le Dr P. Achalme. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

M. **Mailhe**, Secrétaire du Comité qui a décidé d'offrir une plaquette à M. *Paul Sabatier*, invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie.

MM. **Armand Gautier** et **Charles Moureu** sont désignés par l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Sur une nouvelle méthode de détermination de la flexion horizontale des instruments méridiens.* Note (1) de M. **René Baillaud**, transmise par M. Bassot.

Je me suis proposé de mesurer la flexion horizontale d'une lunette méridienne en utilisant un miroir optiquement plan et un bain de mercure,

(1) Transmise dans la séance du 15 juillet 1913.

formant un angle A et orientés de telle sorte que leur droite d'intersection soit perpendiculaire au plan du méridien. Si l'on dirige la lunette successivement sur le miroir et sur le bain de façon à apercevoir dans le champ les images des fils du réticule après $(2n+1)$ réflexions sur les deux surfaces, et si l'on amène dans chaque cas le fil mobile en coïncidence avec son image, on a, en appelant l_1 et l_2 les lectures correspondantes (cercle + micromètre),

$$A = \frac{180°}{2n+1} + \frac{l_1 - l_2}{2n+1}.$$

On trouverait de même que la distance d'un fil fixe à son image obtenue après $2n$ réflexions sur les surfaces est donnée par la relation

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 2nA - 180°,$$

où λ_1 et λ_2 sont les lectures faites au micromètre quand on pointe, avec le fil mobile, le fil fixe, puis l'image de ce fil. On en tire

$$A = \frac{180°}{2n} + \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2n}.$$

Cette manière d'opérer s'applique aussi à la mesure de l'angle de deux miroirs plans et en particulier à celle de l'angle d'un prisme quand cet angle est très voisin des valeurs $A = \frac{180°}{2n}$ ou $A = \frac{180°}{2n+1}$.

La flexion s'obtient ensuite de la manière suivante :

1° *Nombre impair* $(2n+1)$ *de réflexions*. — Soit L_N la lecture faite sur le nadir. Si l'instrument fléchit d'une quantité f_A quand son axe optique fait avec la verticale un angle égal à nA, et si η est la différence de latitude entre les deux bains de mercure, on démontre aisément que

$$f_A = L_N - l_1 - \frac{n}{2n+1}(l_1 - l_2) - \frac{n.\,180°}{2n+1} + \eta.$$

Pour $n = 1$, on a

$$f_{60} = L_N - l_1 - \frac{l_1 - l_2}{3} - 60° + \eta.$$

2° *Nombre pair* $2n$ *de réflexions*. — Il est nécessaire, dans ce cas, de faire deux observations successives : mesurer l'angle du miroir et du bain, puis réaliser, au moyen du fil mobile de déclinaison, l'autocollimation directement sur le miroir. Si l'on veut faire les deux opérations avec la lunette méridienne elle-même, on devra mesurer l'angle A par réflexion sur un

miroir plan auxiliaire placé horizontalement face au nadir. La seule application facilement réalisable est celle où A est voisin de 90°. On a alors, f_H désignant la flexion horizontale,

$$f_H = L_N - \lambda_1 - \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2} - 90^\circ - \eta.$$

Je n'ai expérimenté jusqu'ici que le cas le plus simple, celui de f_{60}. Il est important de remarquer que, si les microscopes sont au nombre de six, les traits du cercle sur lesquels on fait les pointés relatifs au nadir et aux images sont alors les mêmes, et que, par suite, les erreurs de traits n'interviennent pas. Il est aisé, d'autre part, de s'arranger pour que les lectures, faites aux microscopes, concernant le nadir et les images, soient à peu près les mêmes. De la sorte, on évite l'erreur provenant de la détermination du tour de vis des microscopes.

J'ai expérimenté la méthode de la manière suivante :

Je pointe dix fois et alternativement les deux images. J'obtiens ainsi une valeur moyenne de la flexion pour un état donné de l'instrument. Les erreurs des pointés faits au micromètre peuvent être regardés comme éliminés dans la moyenne; celles commises sur la lecture des cercles et sur la détermination de L_N affectent de la même quantité toutes les valeurs d'une même série. Chaque série comprenant deux lectures de cercle, l'une sur le nadir, l'autre sur les images, on trouve naturellement entre les résultats déduits des différentes séries des écarts pouvant atteindre quelques dixièmes de seconde d'arc.

A titre d'exemple, je donne d'abord les résultats d'une série prise au hasard :

$$f_{60} = -0'',14; \quad -0'',12; \quad -0'',17; \quad -0'',06; \quad -0'',02;$$
$$-0'',09; \quad -0'',18; \quad +0'',01; \quad +0'',05; \quad -0'',04; \quad f_{60\,\text{moyen}} = -0'',08;$$

puis les résultats conclus de dix séries obtenues en des jours différents :

$f_{60} = +0'',17$	27 juin 1913	$+0'',24$	28 juin 1913
$-0,08$	»	$+0,04$	»
$-0,11$	»	$+0,22$	29 juin 1913
$-0,01$	28 juin 1913	$+0,01$	»
$+0,07$	»	$+0,12$	»

Ces premières mesures montrent qu'on peut obtenir la flexion avec une approximation de près d'un dixième de seconde d'arc uniquement par un seul groupe de dix séries.

La méthode que je viens d'exposer, et que j'ai lieu de croire nouvelle, semble donc permettre de mesurer la flexion de l'instrument avec une pré-

cision au moins égale à celle des observations astronomiques ordinaires. Je me propose d'en faire une application complète au grand instrument méridien de l'Observatoire de Nice.

ASTROPHYSIQUE. — *Les observations photométriques sur la lumière zodiacale.* Note ([1]) de M. **Fessenkoff**, présentée par M. Appell.

A l'aide d'un astrophotomètre que j'ai imaginé pour mesurer les intensités des surfaces et qui a été construit, sur mes indications, par M. Mouronval, mécanicien de l'Observatoire de Paris, j'ai fait des observations sur la lumière zodiacale aux mois de février et de mars 1913 à l'Observatoire de Meudon, et aux mois d'avril et de mai à l'Observatoire de Nice, grâce à l'aimable autorisation de M. Deslandres et de M. le général Bassot.

Les éléments de mes observations photométriques étaient :

Lectures du micromètre, du temps et de la distance zénithale jointes au pointement sur une carte du ciel des parties observées de la lumière zodiacale.

Pendant toute la durée des observations l'instrument était maintenu à la même hauteur pour que la correction provenant de l'absorption atmosphérique, qui est connue assez imparfaitement, soit sensiblement la même.

Mes résultats peuvent être représentés sous la forme d'une Table moyenne pour Nice et Meudon dont tous les chiffres sont déjà affranchis de l'absorption atmosphérique. Dans la forme réduite, elle est la suivante :

l.	$s = 0°$.	4°.	8°.	12°.	16°.	20°.
34°........	27,5	24,9	19,4	15,4	14,0	13,8
38........	23,8	21,6	17,2	14,1	13,0	12,9
42........	20,6	18,9	15,4	13,0	12,3	12,2
46........	17,9	16,5	13,9	12,1	11,5	11,5
50........	15,6	14,6	12,6	11,3	10,9	10,9
54........	13,8	13,0	11,6	10,7	10,4	10,4
58........	12,4	11,9	10,8	10,2	10,0	10,0

l est la distance angulaire du Soleil le long de l'écliptique et s est la distance de l'axe de la lumière zodiacale. Si cet axe coïncide avec l'écliptique, nous avons exactement $l = \lambda - \theta$ et $s = \beta$ avec les notations usuelles. Dans

([1]) Présentée dans la séance du 15 juillet 1913.

cette Table l'intensité du ciel nocturne est prise pour 10.0. Tous ces chiffres peuvent être représentés par la formule

$$i = k + n(\cos 4s)^b$$

entre les limites

$$-20 \leqq s \leqq 20 \quad \text{et} \quad 34^\circ \leqq l \leqq 60$$

où

$$k = 13{,}8 - 0{,}08 \operatorname{arc\,tang}[0{,}045(l^\circ - 34^\circ)];$$
$$n = 13{,}7 - 0{,}2 \operatorname{arc\,tang}[0{,}0625(l^\circ - 34^\circ)]; \qquad b = 6{,}6 \sin(l^\circ + 20^\circ).$$

On peut immédiatement appliquer ces résultats pour trouver l'influence de l'absorption atmosphérique sur la position de l'axe de la lumière zodiacale qui est donné par les observations ordinaires. Sans pouvoir entrer ici dans des détails, je donnerai simplement le recueil des formules pour la réduction en question.

Les observations usuelles nous fournissent les coordonnées d'un point $(\beta, l = \lambda - \theta)$ situé sur l'axe apparent de la lumière zodiacale, c'est-à-dire sur la courbe de l'intensité maxima et le temps sidéral δ. Il faut en déduire les coordonnées du point correspondant de l'axe réel de la lumière zodiacale (x, l), c'est-à-dire de la courbe d'intensité maxima observée en dehors de l'atmosphère.

Nous avons

$$\cos i = \cos\varepsilon \sin\varphi - \sin\varepsilon \cos\varphi \sin\delta; \qquad \sin i \cos Q = \sin\varphi \sin\varepsilon + \cos\varphi \cos\varepsilon \sin\delta;$$
$$\sin i \sin Q = \cos\varphi \cos\delta.$$

où i est l'inclinaison de l'écliptique par rapport à l'horizon et Q est la différence des longitudes entre zénith et pôle de l'équateur.

Ensuite, comme β reste toujours petit, nous avons, en introduisant la quantité auxiliaire

$$\cos z_0 = \sin i \sin(\lambda + Q),$$

la série suivante :

$$z = z_0 - \beta \frac{\cos i}{\sin z_0} + \left[0{,}0087\,\beta^2 \cot z_0 \left(1 - \frac{\cos^2 i}{\sin^2 z_0}\right)\right] + \ldots,$$
$$\frac{\partial z}{\partial \beta} = -\frac{\cos i}{\sin z} + (0{,}0174\,\beta \cot z) + \ldots \qquad (\beta \text{ exprimé en degrés}),$$

où les termes entre parenthèses peuvent être négligés presque toujours.

En outre nous calculons

$$\Phi'(z) = -\log p \frac{\operatorname{tang} z}{\cos z}\left[1 - A(2 + 3\operatorname{tang}^2 z) + B\frac{2 + 5\operatorname{tang}^2 z}{\cos^2 z}\right],$$

où

$$\log A = 6{,}9228_{-10}, \qquad \log B = 3{,}8967_{-10}, \qquad \log(\log p) = 8_n 894,$$

p étant le coefficient de la transparence de l'atmosphère. L'équation à résoudre est

$$\frac{-4nb[\cos 4(\beta-x)]^{b-1}\sin(\beta-x)}{k+n[\cos(4\beta-x)]^{b}}=\Phi'(z)\frac{\partial z}{\partial\beta},$$

où toutes les valeurs sont connues, excepté la coordonnée cherchée x. Pour les quantités i et Q j'ai construit une Table pour la latitude donnée φ. $\Phi'(z)$ est aussi donné par la Table avec la distance zénithale comme argument. Ensuite, pour résoudre la dernière équation, il est le plus commode de représenter le numérateur et le dénominateur graphiquement. L'abscisse qui correspond aux ordonnées en relation donnée $\left[\Phi'(z)\frac{\partial z}{\partial\beta}\right]$ est notre inconnue $\beta-x$ représentant le déplacement de l'axe de la lumière zodiacale sous l'influence de l'absorption atmosphérique.

D'après cette méthode j'ai entrepris la réduction des observations de Heis (¹) pour en déduire la position exacte de la lumière zodiacale. Les corrections que je viens de trouver ont des valeurs très sensibles. Au mois de mars elles sont de l'ordre de 1° en moyenne variant naturellement avec la distance zénithale. Mais au mois de décembre, quand les conditions pour observer sont plus mauvaises, ces corrections peuvent dépasser 4°. Plus tard je donnerai les éléments de la lumière zodiacale d'après toutes les observations de Heis faites pendant 29 ans.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations intégrales singulières.* Note (²) de M. **F. S. Zarlatti**, présentée par M. Émile Picard.

1. Envisageons d'abord l'équation intégrale

$$\varphi(x)=u(x)+\lambda\int_{-\infty}^{+\infty}e^{ixy}u(y)\,dy, \tag{1}$$

où la fonction donnée $\varphi(x)$ satisfait à des conditions très générales. Sa solution, qui satisfait aussi aux mêmes conditions, s'obtient aisément en appliquant le théorème classique de Fourier; elle s'écrit

$$u(x)=\frac{\varphi(x)+2\pi\lambda^2\varphi(-x)}{1-4\pi^2\lambda^4}-\lambda\int_{-\infty}^{+\infty}e^{ixy}\frac{\varphi(y)+2\pi\lambda^2\varphi(-y)}{1-4\pi^2\lambda^4}dy. \tag{2}$$

(¹) Heis, *Zodiacallicht-Beobachtungen*, 1847-1875.

(²) Présentée dans la séance du 15 juillet 1913.

En particulier on a

$$u(x)=\frac{\varphi(x)}{1-2\pi\lambda^2}-\lambda\int_{-\infty}^{+\infty}e^{ixy}\frac{\varphi(y)}{1-2\pi\lambda^2}dy \quad \text{pour} \quad \varphi(x)=\varphi(-x),$$

$$u(x)=\frac{\varphi(x)}{1+2\pi\lambda^2}-\lambda\int_{-\infty}^{+\infty}e^{ixy}\frac{\varphi(y)}{1+2\pi\lambda^2}dy \quad \text{pour} \quad \varphi(x)=-\varphi(-x).$$

On démontre aisément que la solution trouvée (2) est unique et que c'est la plus générale pourvu que les valeurs du paramètre λ ne soient pas racines de l'équation $1-4\pi^2\lambda^4=0$. Cette solution envisagée comme fonction du paramètre λ est une fonction de λ ayant seulement quatre pôles, dont deux réels $\left(+\frac{1}{\sqrt{2\pi}}, -\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right)$ et deux imaginaires $\left(+\frac{i}{\sqrt{2\pi}}, -\frac{i}{\sqrt{2\pi}}\right)$, dans le cas général où $\varphi(x)$ n'est ni paire ni impaire; deux seuls pôles réels si $\varphi(x)$ est paire; seulement deux pôles imaginaires si $\varphi(x)$ est impaire.

Remarquons maintenant que tandis que, dans la méthode de Fredholm on envisage un *noyau résolvant* fonction méromorphe par rapport au paramètre λ, tel que les pôles de la fonction au dénominateur soient fixes quelle que soit la nature de la fonction donnée $\varphi(x)$, dans le cas de l'équation (1), au lieu d'un noyau résolvant, je suis amené à considérer une *fonction résolvante* du paramètre λ, dont les pôles changent suivant la nature paire ou impaire de la fonction donnée $\varphi(x)$. En outre, tandis que, suivant l'idée fondamentale de M. Volterra, on regarde une équation intégrale avec un domaine d'intégration fini comme le cas limite d'un système d'équations algébriques dans le cas de l'équation (1) on démontre, en appliquant le théorème classique de Fourier, qu'elle se ramène à un système de deux seules équations algébriques. Ainsi *la solution est donnée par une seule quadrature*. Si l'on désigne avec M. Picard sous le nom d'*équation intégrale singulière* toute équation intégrale dont les propriétés diffèrent du cas normal de Fredholm, on voit que (1) appartient à cette nouvelle classe d'équations fonctionnelles.

2. *L'équation* (1) *définit une représentation intégrale de la fonction donnée* $\varphi(x)$ *sous une forme plus générale que celle classique de Fourier*. En posant dans (1) $\lambda\varphi(x)$ au lieu de $\varphi(x)$ et en faisant tendre ensuite λ vers ∞ on a

$$\varphi(x)=\int_{-\infty}^{+\infty}e^{ixy}\,u(y)\,dy,$$

et l'on vérifie aisément que la solution trouvée (2) donne dans ce cas

$$u(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-ixy} u(y) \, dy.$$

C'est le théorème classique de Fourier.

3. Envisageons maintenant l'équation plus générale

$$\varphi(x) = u(x) + \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} [e^{ixy} + f(x, y)] u(y) \, dy, \tag{3}$$

qui pour $f(x, y) = 0$ se réduit à l'équation (1). Supposons que les fonctions données $\varphi(x)$ et $f(x, y)$ (par rapport à x, comme par rapport à y) satisfont aux conditions visées plus haut, et cherchons une solution telle que $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x, z) u(z) \, dz$ satisfasse aussi aux mêmes conditions. Je ne ferai aucune hypothèse sur la façon dont s'annule le noyau $f(x, y)$ pour $y = \pm \infty$ (1). On trouve que dans les trois cas suivants l'équation (3) est bien singulière :

α. Si l'on a $f(x, y) = -f(-x, y)$ et $\varphi(x) = \varphi(-x)$, la solution de (3) s'écrit

$$u(x) = \frac{\varphi(x)}{1 - 2\pi\lambda^2} - \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ixy} \frac{\varphi(y)}{1 - 2\pi\lambda^2} dy + \psi(x) - \psi(-x),$$

où $\psi(x)$ est une fonction arbitraire qui satisfait à des conditions très générales.

β. Si l'on a $f(x, y) = f(-x, y)$ et $\varphi(x) = -\varphi(-x)$, il vient

$$u(x) = \frac{\varphi(x)}{1 + 2\pi\lambda^2} - \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ixy} \frac{\varphi(y)}{1 + 2\pi\lambda^2} dy + \psi(x) + \psi(-x).$$

γ. Si enfin $f(x, y) = -f(-x, y)$ et $\varphi(x) = -\varphi(-x)$, il y a la

(1) Remarquons qu'une équation intégrale avec les limites infinies se ramène à une équation normale de Fredholm, si le noyau s'annule, en faisant tendre la variable d'intégration y vers $\pm\infty$, comme $A|y|^{-h}$ ou $h > 1$ [cf. H. Poincaré, *Remarques diverses sur l'équation de Fredholm* (*Act. math.*, t. XXXIII, 1, 1910)], et que dans le cas contraire il existe des solutions continues, méromorphes par rapport au paramètre λ, pour certaines valeurs particulières de λ [cf. Picard, *Sur les équations intégrales de troisième espèce* (*Annales de l'École Normale*, 1911)].

solution $u(x) = A(x)$ où $A(x)$ est une fonction arbitraire impaire qui satisfait aux conditions visées.

4. J'ai étudié jusqu'ici une équation intégrale singulière qui amène à un système de deux équations algébriques, et une autre équation qui, dans les cas envisagés plus haut, se ramène aisément à des types particuliers d'équations aux différences.

Il est intéressant de comparer maintenant ces résultats à une équation intégrale singulière de M. Picard [*Sur une équation intégrale singulière* (*Annales de l'École Normale*, 1911)], qu'on peut résoudre immédiatement en la ramenant à une équation différentielle par une voie très naturelle, c'est-à-dire par des opérations de dérivation.

Soit l'équation

$$u(x) = \varphi(x) + \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-|x-y|} u(y)\, dy. \tag{4}$$

où $\varphi(x)$ est la fonction donnée, qu'on suppose finie et continue dans tout l'intervalle d'intégration. Écrivons-la ainsi

$$u(x) = \varphi(x) + \lambda \int_{-\infty}^{x} e^{-x+y} u(y)\, dy + \lambda \int_{x}^{+\infty} e^{x-y} u(y)\, dy.$$

En dérivant successivement deux fois terme à terme, nous serons amenés à une équation différentielle qu'on peut intégrer par la méthode classique de la variation des constantes arbitraires. En développant les calculs, on retrouve la solution donnée par M. Picard suivant une autre voie. Tandis que la solution de l'équation (4), qui n'est pas en général méromorphe par rapport au paramètre λ, dépend essentiellement de la fonction donnée $\varphi(x)$ [pour le voir par un exemple, prenons avec M. Picard $\varphi(x) = \cos nx$; alors les pôles dépendent de la constante n], la solution de l'équation (1) dépend de la fonction donnée $\varphi(x)$ en ce qui concerne sa forme; en effet, les pôles ne sont pas toujours les mêmes. Ils changent (ils sont réels ou imaginaires) suivant que $\varphi(x)$ est paire ou impaire.

PHYSIQUE. — *Sur le rayon catathermique.* Note [1] de M. **J.-A. Le Bel**, présentée par M. Armand Gautier.

J'appelle *catathermique* un rayon qui naît à l'intérieur d'une masse chauffée *inégalement*, formée de certaines substances métalliques ou non.

---

[1] Présentée dans la séance du 15 juillet 1913.

Ce rayon, qui traverse les métaux à faible équivalent, a été décrit par moi en 1911 (*Comptes rendus*, t. 152, p. 129). Les premiers appareils générateurs étaient un cylindre de cuivre percé d'un trou central ou mieux une feuille de nickel enroulée sur elle-même et laissant un vide cylindrique, le tout était isolé par de l'asbeste et chauffé par le courant électrique du secteur. L'appareil détecteur était un thermomètre différentiel Le Chatelier, le fil en platine iridié formait un U dont les pointes placées en avant étaient soudées à des fils de platine qui revenaient en arrière à travers un crayon isolant en terre cuite et rejoignaient le galvanomètre. Une de ces soudures était recouverte par une bobine en fil de platine très mince. Pour éviter l'actinisme, il est indispensable *que les soudures soient exactement au maximum de température*. Si la matière est inactive comme le laiton, le courant est nul, mais avec le nickel par exemple, il peut atteindre la valeur de celui que produirait le détecteur avec une différence de température de 0°,1 entre les deux soudures; mais il peut être tout aussi bien dû à une différence de pouvoir électromoteur des soudures produite sous l'influence du nouveau rayon, lequel atteint librement l'une des soudures, tandis qu'il est arrêté par la bobine et ne peut atteindre la soudure qu'elle recouvre.

On a fait varier l'appareil générateur :

Le cylindre de cuivre devient inactif sous l'influence d'une chauffe très prolongée, ce qui suffit à prouver que la faculté d'engendrer le rayon catathermique n'est pas due à l'atome lui-même mais à la texture du métal. La feuille de nickel bien plus stable et par là plus avantageuse, chauffée 24 heures au rouge, a aussi perdu un tiers de son activité. Après ce recuit, elle n'avait plus aucune tendance à se dérouler et il a fallu beaucoup de force pour l'enrouler en sens contraire; or elle a fourni *exactement le même phénomène*, ce qui montre que l'effort de flexion exercé sur le métal n'est pour rien dans le phénomène observé. On peut aussi couper le cylindre en morceaux ou bien en former un avec des rondelles de nickel percées et séparées par du mica et le courant observé augmente même alors un peu. Il n'y a pas avantage à augmenter les dimensions du cylindre.

Le sable fournit un rayon analogue : l'appareil employé est un chauffoir formé par un fil de ferronickel enroulé sur un cylindre creux formé par une lame de laiton enroulée, ce métal est inactif mais sert à répartir la température; on l'a entouré d'une couche de sable de 10^{cm} contenue dans un cylindre de carton d'asbeste, il est inutile d'isoler. En chauffant à 300° on a un courant équivalent au tiers de celui qu'on aurait avec le nickel. Le verre pilé donne des résultats semblables mais un peu moindres. Le charbon de bois ne donne rien de permanent.

Cette expérience montre que les métaux ne sont pas seuls à produire le rayon catathermique, mais le fait important c'est que les rayons issus du sable franchissent partiellement un cylindre de platine capable d'arrêter

ceux qui sortent du nickel. Il existe donc des rayons ayant un pouvoir pénétrant de plus en plus fort et l'on peut espérer en trouver de plus pénétrants encore. On peut aussi prévoir que le sable, la pierre meulière, etc., qui forment les murs des laboratoires, émettent, sous l'influence des flux de température qui les traversent forcément, un rayon cathathermique faible; on verra que cette prévision se confirme.

On a fait aussi varier le détecteur :

Le chapeau formé par une bobine de fil de platine, qui était primitivement placé sur une des soudures, a pu être remplacé par une lame de ce métal à la condition d'interposer une feuille de mica qui n'était pas nécessaire avec la bobine parce que celle-ci ne peut toucher les fils que par quelques points incapables de constituer un court circuit important; le fil mince n'a donc pas d'action spéciale.

On a ensuite construit un thermomètre différentiel en fils de cuivre et de constantan, métaux transparents pour le rayon du nickel alors que le platine est opaque. Si la bobine s'échauffait réellement, ce nouveau thermomètre, qui est très sensible, fournirait un courant considérable; or il n'en donne que très peu et, si l'on admet qu'il est dû à l'échauffement de la bobine, celui-ci n'équivaut qu'au vingtième environ de l'énergie utilisée. Pratiquement, il est donc nécessaire qu'un des métaux du différentiel soit opaque pour le rayon à observer, le meilleur dispositif est un U en platine soudé à des fils d'argent.

Avec le rayon issu du sable on augmente singulièrement la sensibilité du détecteur Le Chatelier en aplatissant au marteau une des soudures, à tel point que le chapeau devient inutile; ces effets disparaissent quand l'aplatissement est poussé trop loin, mais il disparut aussi spontanément en quelques jours. Cette expérience m'a engagé à reprendre de très anciens essais que je faisais pour déceler un rayon de notre ambiance. En comprimant des soudures fer-nickel j'obtenais un phénomène instable analogue à celui des soudures aplaties; mais en employant dix éléments acier-cobalt en tension, j'ai obtenu un courant stable depuis un mois et demi, équivalent à l'effet de $0^{\circ},001$ sur le thermomètre Le Chatelier; il se mesure facilement avec un galvanomètre système d'Arsonval, construit par M. Trévet. Cet effet est dû probablement aux rayons catathermiques des murs. Je me réserve l'étude des courants observables par les contacts comprimés.

ÉLECTRICITÉ. — *La conduction électrique dans les champs cylindriques sous la pression atmosphérique.* Note de M. **V. Schaffers**, présentée par M. Branly.

Pour établir la théorie de la conduction électrique dans les gaz sous la pression atmosphérique, une des méthodes les plus avantageuses doit être

l'étude d'une forme de décharge continue dans un champ de propriétés connues.

La lueur sur un fil placé dans l'axe d'un cylindre métallique remplitces deux conditions. Elle a été étudiée sur douze fils dont les rayons s'échelonnaient entre $0^{cm},0003$ et $0^{cm},35$, et dans cinq cylindres dont les rayons allaient de $0^{cm},85$ à $5^{cm},85$. Le détail des dispositifs expérimentaux et des mesures sera publié ailleurs. Voici quelques conclusions intéressantes concernant les potentiels et les champs initiaux dans l'air.

1. Le rapport des potentiels initiaux positifs et négatifs n'est nullement déterminé par les mobilités des ions ordinaires, contrairement à ce qu'on admet volontiers jusqu'ici. Il varie régulièrement avec le rayon r du fil. Pour $r = 0^{cm},01$ les deux potentiels sont égaux. C'est seulement pour des rayons inférieurs à cette valeur que le potentiel négatif est plus petit que le positif. Pour des rayons supérieurs, c'est le contraire.

2. La nature du métal semble être indifférente, du moins quand les fils ne sont pas très fins.

3. La valeur $r = 0^{cm},01$ du rayon sépare deux domaines de lois nettement distinctes.

Sur les *gros fils* ($r \geqq 0^{cm},01$), le potentiel initial positif a pour valeur, en volts,

$$V_p = 30000\, r^{0,7} \log \frac{b}{r},$$

et, par suite, le champ initial

$$R_p = 30000\, r^{-0,3}.$$

Avec le signe $-$, la constante devient 32000 environ. On remarquera que le champ est indépendant du rayon b du cylindre. Cette dernière loi est une de celles qui se vérifient le mieux : elle est même encore suivie avec $r = 0^{cm},00385$.

Sur les *fils fins* (r compris entre $0^{cm},00385$ et $0^{cm},001$ environ), on a

$$V_p - 350 = 8900\, r^{0,4} \log \frac{b}{a},$$

et

$$V_n = 8900\, r^{0,4} \log \frac{b}{a},$$

où $a = r + 0^{cm},03$.

Avec le signe +, on réussit mieux encore avec

$$V_p = 2233 \frac{\log \frac{b}{a}}{\log \frac{a}{r}}.$$

C'est un régime de transition, qui semble aboutir, sur les *fils très fins*, à

$$V_n = 1255\, r^{0,5} \log^2 \frac{b}{r},$$

et

$$V_p = V_n + 350.$$

On arrive ainsi à un troisième domaine qui serait l'analogue de celui des potentiels explosifs critiques. Les parcours correspondant à une chute de 350 volts et les champs initiaux y sont du même ordre que dans le phénomène critique.

4. D'après les principes généraux de la théorie des ions, le courant devrait commencer quand les ions acquièrent, dans une chute de potentiel déterminée, l'énergie minimum nécessaire pour ioniser au choc. Par analogie avec ce qu'on sait des décharges dans les gaz raréfiés, on a supposé parfois que cette chute devait être de 350 volts sur une distance qui ne dépendrait que du libre parcours moyen du gaz. Or, les valeurs de cette distance, calculées d'après nos mesures, vont de $0^{cm},001$ à $0^{cm},0106$. Il semble donc que la chute de 350 volts ne joue aucun rôle dans l'ionisation initiale sous la pression atmosphérique, sauf dans le domaine des fils fins.

5. L'épaisseur de la gaine lumineuse qui entoure les fils a été mesurée un grand nombre de fois au moyen du déplacement subi par l'image quand on l'observe à travers une lame de verre à faces parallèles. Ces mesures, d'ailleurs très difficiles et peu précises, ont donné des résultats tous compris entre $0^{cm},04$ et $0^{cm},1$, sans apparence de variation systématique. L'épaisseur de la gaine serait donc la même pour tous les fils.

L'emploi d'une sonde conduit à la même valeur moyenne $0^{cm},07$ pour cette épaisseur. Il donne, de plus, pour le bord interne de la gaine lumineuse, c'est-à-dire pour la frontière initiale de la région d'ionisation, la distance $0^{cm},03$. Sur la courbe des potentiels fournie par la sonde, on trouve, en effet, un palier entre ces deux abscisses.

Il est à noter que les deux méthodes précédentes ne sont applicables qu'à des cas où les courants sont relativement intenses, et que, dès lors, les con-

ditions relatives au *début* du courant ne peuvent en être tirées que par une extrapolation. La seconde est, en outre, particulièrement peu sûre dans le cas des fils fins.

6. On est donc amené à essayer comme parcours d'ionisation initiale, au moins sur les gros fils ($r \geqq 0^{cm},01$), la distance $0^{cm},03$. C'est celle qui figure déjà dans les lois empiriques des fils fins données ci-dessus. Or, elle ne correspond pas à une chute de potentiel constante. On reconnaît aisément, du reste, qu'il n'est aucune distance qui satisfasse à cette condition.

Dès lors, il devient vraisemblable que, dans les décharges étudiées, les masses des ions ne sont pas invariables, mais qu'elles dépendent du rayon du fil et, sans doute, obéissent à des lois différentes suivant que r est plus grand ou plus petit que $0^{cm},01$. On sait, d'autre part, qu'elles dépendent de la pression (rayons cathodiques, etc.). Nous avons, en conséquence, entrepris des recherches sous pression variable, dont nous ferons connaître prochainement les résultats.

7. Signalons, en terminant, que le champ initial tend, quand on fait croître indéfiniment le rayon du fil, vers 30000 volts-cm. C'est la valeur bien connue du champ explosif entre électrodes de grand rayon de courbure. Le mécanisme ionisateur initial est dont le même dans l'étincelle et dans la lueur.

PHYSICO-CHIMIE. — *Absorption des radiations ultraviolettes par quelques matières colorantes organiques en dissolution aqueuse.* Note de MM. **Massol** et **Faucon**, présentée par M. J. Violle.

Les spectres d'absorption des radiations visibles fournis par les dissolutions colorées sont caractérisés par des plages ou des bandes obscures dont l'ensemble dépend à la fois de la couleur et de la constitution chimique du corps dissous pour un solvant donné.

Nous nous sommes proposés d'étudier l'absorption des radiations ultraviolettes et, dans ce but, nous avons arrêté notre choix sur les 21 matières colorantes artificielles autorisées pour la coloration des produits de confiserie par l'arrêté du 28 juin 1912. Ces 21 colorants forment toute une gamme, depuis le rouge jusqu'au violet, et sont constitués par des composés chimiques parfaitement définis.

Ayant opéré en dissolution aqueuse avec un spectrographe à prisme et

lentille de quartz, nous avons exploré la partie qui s'étend entre 5000 et 2200 U.A. Comme source lumineuse, nous avons pris l'arc jaillissant entre deux électrodes métalliques complexes contenant 6 métaux (cadmium, cuivre, étain, fer, plomb et zinc), dont l'ensemble donne un spectre d'émission sensiblement continu et suffisamment homogène pour l'étude des spectres d'absorption. Les dissolutions colorées, nécessairement très étendues (1 pour 10000), étaient placées dans un tube gradué, fermé par deux lames de quartz; l'épaisseur de la couche traversée pouvait varier de $0^{mm},5$ à 100^{mm}. L'intensité du courant, la durée de la pose et les conditions d'expérience étant toujours les mêmes, les spectrogrammes obtenus sont comparables entre eux. Les plaques employées (Lumière, gélatino-bromure, sensibilité extrême) étaient impressionnées de $\lambda = 5015$ à $\lambda = 2100$. Sur chaque plaque, nous avons pris un spectre témoin et 20 à 25 spectres correspondant à des épaisseurs différentes. Nous envisagerons la partie comprise entre 4045 (raie violette du potassium) et 2200 (limite de transmission de l'eau distillée) [1].

Les résultats obtenus nous permettent de classer les 21 matières colorantes étudiées en deux catégories :

1° Celles qui absorbent seulement les radiations du côté des plus faibles longueurs d'onde;

2° Celles qui absorbent les radiations des deux côtés du spectre et laissent passer les radiations intermédiaires.

Au *premier groupe* qui comprend le plus grand nombre des colorants étudiés appartiennent : les trois roses : éosine, érythrosine et rose bengale; les huit rouges : bordeaux B, ponceau cristallisé, bordeaux S, nouvelle coccine, rouge solide, ponceau RR, écarlate R, fuschine acide; un bleu : bleu à l'eau 6 B; les deux violets : violet de Paris, violet acide 6 B.

Dans le *deuxième groupe* se rangent : l'orangé : orangé I; les trois jaunes, jaune naphtol S, chrysoïne, auramine O; les deux verts : vert malachite et vert acide J; un bleu : bleu patenté.

Ainsi, les roses, les rouges, un bleu et les violets n'absorbent que les radiations à plus faibles longueurs d'onde. Cette absorption augmente avec la concentration des solutions et l'épaisseur de la couche traversée; mais elle ne suit pas une progression régulière; il y a surtout pour les faibles épaisseurs des variations brusques, correspondant à des bandes d'absorption

---

(1) Pour les résultats numériques et les graphiques, voir *Bull. Soc. chim.*, t. XIII, p. 217, 513, etc.

qui disparaissent pour de faibles variations d'épaisseur et qui sont caractéristiques de certains noyaux, de certaines fonctions ou de certains modes de liaisons, ainsi que l'ont montré Hartley, Baly et leurs élèves.

Les colorants qui présentent une absorption bilatérale sont : l'orangé, les jaunes, les verts et un bleu vert. Pour l'orangé et les jaunes, l'absorption des radiations vers $\lambda = 4250$ à $\lambda = 4000$ provient de l'extension de la large bande que l'on observe dans le spectre visible et qui s'étend du vert ou du vert bleu jusqu'à l'extrême violet visible.

Pour le vert et le bleu (bleu patenté) elle provient de la plage qui recouvre le violet jusqu'à la limite des radiations visibles, et qui correspond à une bande relativement étroite s'étalant de part et d'autre de la radiation violette du potassium à la limite des spectres visible et invisible.

Dans les deux groupes nous trouvons des colorants qui présentent des bandes d'absorption spéciales permettant de les caractériser.

Parmi les roses : l'éosine présente une bande étroite ($\lambda = 3250$ à $\lambda = 3450$) qui correspond à une des trois bandes de la fluorescéine; l'érythrosine et le rose bengale ont une absorption progressive sans bande, le rose bengale est le plus absorbant. La comparaison des trois spectrogrammes (¹) permet de suivre l'influence des substitutions bromée, iodée et chloroiodée sur la fluorescéine.

Parmi les rouges, les sept premiers (énumérés ci-dessus) qui sont des dérivés du naphtalène azonaphtol et du xylène azonaphtol, absorbent complètement les radiations ultraviolettes dès que l'épaisseur de la couche traversée atteint 30^{mm} à 50^{mm}; pour des épaisseurs moindres, il y a une absorption élective entre $\lambda = 3150$ et $\lambda = 3350$, formant pour le ponceau RR une véritable bande qui apparaît seulement pour des épaisseurs variant de 20^{mm} à 30^{mm}.

La fuschine acide, qui est un dérivé du diphényltolylcarbinol, se différencie des sept autres rouges par une plus grande transparence pour les radiations à faibles longueurs d'onde qui passent jusqu'à $\lambda = 3200$-3300 même sous une épaisseur de 100^{mm}. Pour des épaisseurs de 8^{mm} à 10^{mm} la courbe d'absorption subit, de $\lambda = 3000$ à $\lambda = 2700$, un changement brusque que nous retrouverons avec le bleu à l'eau 6 B qui est également un dérivé du diphényltolylcarbinol.

L'orangé I (dérivé du benzène azonaphtol donne des spectrogrammes analogues à ceux des rouges dérivés du napthalène et du xylène azonapthol, mais il est beaucoup plus absorbant, toutes les radiations sont arrêtées au-dessus de 25^{mm} d'épaisseur. Pour les épaisseurs moindres, les radiations $\lambda = 3700$ à 3600 passent le plus fortement, et l'on trouve une bande étroite à $\lambda = 2650$ mais seulement pour les faibles épaisseurs (1^{mm} à 6^{mm}).

Les trois jaunes, qui ont des constitutions chimiques différentes, offrent des caractères distincts.

La chrysoïne n'a pas de bande d'absorption; le jaune naphtol S qui est de tous les

---

(¹) Voir *Bull. Soc. chim.*, *loc. cit.*, p. 219-220.

colorants étudiés le plus absorbant pour les rayons ultraviolets, présente une bande étroite ($\lambda = 2850$ en moyenne) qui n'apparaît que pour des épaisseurs de 5^{mm} à 8^{mm}; l'auramine O, plus transparente que les deux jaunes précédents a trois bandes d'absorption caractéristiques ($\lambda = 3600$, $\lambda = 3100$, $\lambda = 2650$, en moyenne).

Le vert malachite, le vert acide I et le bleu patenté (qui a une teinte bleu-vert) sont tous trois des dérivés du triphénylméthane : ils ont la même bande d'absorption à $\lambda = 3100$ en moyenne, permettant un rapprochement au point de vue de la constitution chimique.

Le bleu à l'eau 6B (dérivé du diphényltolylcarbinol) se différencie nettement du bleu patenté par une large bande spéciale ($\lambda = 3200$ à 2750) qui apparaît pour des épaisseurs de 7^{mm} à 12^{mm} et qui rappelle une particularité de la fuchsine acide.

Les colorants violets n'ont pas de bandes spéciales; mais, très transparents pour le violet visible, ils ne sont pas plus transparents pour l'ultraviolet que les deux verts et les deux bleus que nous avons étudiés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre l'effet thermique qui accompagne l'immersion des corps pulvérulents secs dans les corps liquides et l'aptitude de ces derniers à former des molécules associées.* Note [1] de **M. H. Gaudechon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsqu'on immerge dans l'eau à la température ordinaire, un corps solide pulvérulent *sec* pris à la même température, non susceptible d'agir chimiquement sur ce liquide, restriction un peu vague, il se produit un dégagement de chaleur variable avec la nature du corps pulvérulent, et d'autant plus grand pour un même corps qu'il est plus divisé, c'est-à-dire que pour une masse donnée il possède une plus grande surface (Pouillet, 1822). On sait, de plus, que cet effet s'annule dès que le solide retient à sa surface une certaine quantité d'eau condensée, variable suivant les corps et suivant leur état de division.

L'étude de cette question a fait, depuis, l'objet de nombreux travaux de Martini, Parks, Bellati et Tenazzi, Jungk, Schwalbe, etc. Il ne semble pas qu'on soit entièrement fixé sur l'origine de ce phénomène thermique qui se manifeste le plus souvent, mais pas toujours, par un dégagement de chaleur. On s'est aperçu que cet effet n'était pas le même d'un liquide à l'autre. Dans un travail, fait en collaboration avec A. Müntz, nous avions constaté qu'une argile donnait lieu, par exemple, à un dégagement de chaleur deux à trois fois plus grand dans l'eau que dans le toluène où le benzène.

---

[1] Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

Je me suis proposé d'examiner d'une façon systématique comment divers liquides se comportent à ce point de vue; les résultats obtenus jettent sur la question un jour nouveau.

J'ai choisi quatre solides pulvérulents : 1° de la silice dite *amorphe*; 2° une argile naturelle; 3° du charbon de sucre pulvérisé et tamisé; 4° un échantillon de fécule.

Ces corps étaient préalablement séchés à 100°.

Les mesures calorimétriques ont été faites à la température de (12°-13°), elles sont susceptibles de précision surtout avec des corps comme l'argile.

Les résultats du Tableau expriment des grammes-calories dégagées par gramme de corps pulvérulent sec.

TABLEAU.

			Solides : chaleur dégagée.			
Liquides employés.	K.	$\frac{LM}{T}$.	Argile.	Silice.	Fécule.	Charbon.
Eau	0,89	26	12,6	15,3	20,4	3,9
Alcool méthylique	0,93	25	11,0	»	5,6	11,5
» éthylique	1,08	26,5	10,8	14,7	4,9	6,9
» propylique	1,23	27,0	10,2	13,5	7,0	5,6
» amylique	1,40	26,2	10,1	»	3,1	3,7
» benzylique	»	»	9,3	»	4,2	»
Acide formique	0,90	15	12,0	14,5	8 à 10	env. 12,0
» acétique	0,90	15	9,3	13,5	3 à 4	6,0
» butyrique	1,57	»	7,8	»	»	»
Acétone	»	21,4	8,0	»	2,0	3,6
Chloroforme	»	20,9	9,0	8,0	»	2,3
Oxyde d'éthyle	2,01	21,7	5,8	8,4	2,2	1,2
Benzine	2,10	21,0	5,8	8,1	1,2	4,2
Tétrachlorure de carbone	2,21	20,3	1,8	»	1,7	1,5
Sulfure de carbone	2,04	20,2	1,7	3,6	0,5	4,0
Carbures saturés (C^5H^{12}, C^6H^{14})	»	20 à 20,5	1,2	3,1	0,3	0,4

J'ai classé les liquides suivant leur aptitude à l'association; à titre d'indication, j'ai fait figurer dans ce Tableau : 1° le coefficient K de la relation Eotros-Ramsay-Shields; 2° le coefficient $\frac{LM}{T}$ de la relation de Pictet-Trouton.

L'examen des résultats montre que la classification en liquides normaux et anormaux, établie d'après la considération des différences entre les valeurs de K et de $\frac{LM}{T}$, se trouve être sensiblement la même en comparant les différents liquides au point de vue de l'effet en question. Plus le liquide est anormal, plus le dégagement de chaleur est grand; avec les liquides normaux l'effet thermique tend vers zéro.

Ainsi l'eau, les alcools, les acides, corps contenant le groupement oxhydrile OH sont ceux qui dégagent le plus de chaleur. Pour l'argile, en particulier, l'écart entre l'eau, corps le plus anormal parmi les liquides employés et les carbures saturés est de 10 à 1.

Il y a plus : dans une série homologue, on admet que l'aptitude à l'association décroît quand on s'élève vers les termes supérieurs, c'est-à-dire quand la grandeur moléculaire croît; conformément à cette notion, on observe, surtout dans le cas de l'argile, que l'effet thermique décroît quand on s'élève dans la série. Il n'y a pas lieu pour l'instant d'insister sur les valeurs absolues des différences des nombres observés, ni sur quelques anomalies inexpliquées qui paraissent attribuables à une influence propre du solide, en particulier à l'aptitude plus ou moins grande du solide à s'humecter sans flotter sur le liquide.

D'un point de vue général, on est conduit à admettre que l'effet thermique en question dépend principalement : 1° de la nature anormale du liquide; 2° de l'étendue de la surface du solide rapportée à sa masse; le charbon corps plus grossier dégageant moins de chaleur. Il semble donc que c'est à l'association, agrégation ou polymérisation des molécules au contact de la surface des solides qu'il faut attribuer en grande partie l'effet calorifique résultant, observé dans l'immersion des poudres dans un liquide.

De l'augmentation de la surface de séparation liquide-solide résulterait une rupture de l'équilibre entre molécules plus ou moins associées, quel qu'en soit d'ailleurs le degré, et cette rupture correspondrait à une association plus avancée que traduirait l'effet thermique.

Cette interprétation paraît d'autant plus fondée que lorsqu'un solide possède une quantité de liquide, souvent faible, condensée à sa surface, l'immersion de ce solide dans le liquide ne donne plus lieu à aucun effet thermique et de plus, pour que cet effet s'annule, la quantité de liquide qui doit être condensée sur le solide dépend au premier chef du rapport de sa surface à sa masse.

Je rappelle enfin que Jungk et Schwalbe ont constaté en opérant avec la silice et l'eau, qu'au voisinage du maximum de densité de l'eau $+4°$, l'effet thermique s'annule pour l'eau, l'état d'association à cette température ne serait plus susceptible d'être augmenté par le contact avec une surface solide.

CHIMIE. — *Sur la composition de l'essence de café ; présence de la pyridine.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **G. Weisweiller**, présentée par M. E. Roux.

En distillant l'infusion aqueuse de café Moka torréfié, Payen a obtenu un liquide d'où il a pu retirer, par extraction avec de l'éther, environ 0,002 pour 100 du poids des graines d'une essence aromatique dont une goutte suffisait pour répandre « dans toute une chambre une forte odeur de café » (1). Cette essence, appelée plus tard *caféone* par Pelouze et Frémy (2), a fait l'objet, en 1902, d'une étude très intéressante de E. Erdmann qui est parvenu à y déceler des traces d'acide acétique et de furfurol, des proportions notables d'acide valérique et d'alcool furfurique, enfin une substance azotée particulière, très altérable, possédant l'odeur propre du café torréfié, et une certaine proportion de corps phénoliques rappelant la créosote (3).

Nous avons trouvé, en examinant la totalité des produits volatils contenus dans l'infusion de café, que les corps signalés par Erdmann n'étaient pas les seuls à constituer, par leur mélange, l'arome de cette infusion. En outre de l'essence extractible par l'éther, il y a, en effet, dissous dans le liquide aqueux un corps basique que nous avons séparé à l'aide de l'acide silicotungstique et qui n'est autre chose que la pyridine.

Dans une de nos expériences, 5^{kg} de café fraîchement torréfié et moulu ont été distillés avec 15^{l} d'eau, dans un alambic chauffé à la vapeur. On a retiré 7^{l} de distillat qui ont été repassés, à plusieurs reprises, au réfrigérant ascendant de Schlœsing. On est arrivé ainsi à concentrer tous les produits volatils dans une vingtaine de centimètres cubes de liquide formé de deux parties : une huile dense, peu soluble, d'environ 1^{cm^3} à 2^{cm^3}, et une solution aqueuse. Ces deux parties avaient, à des degrés divers, non seulement l'arome du café, mais en même temps une odeur mixte d'alcool amylique, de furfurol et de pyridine.

On a ajouté au distillat concentré de l'acide chlorhydrique, goutte à goutte, jusqu'à ce que, en agitant, la solution conserve une réaction nettement acide à l'hélianthine : une petite proportion seulement de l'huile dense s'est dissoute. On a passé la solution aqueuse à travers un filtre mouillé, puis on l'a additionnée de silicotungstate de baryum. Le précipité, recueilli après 24 heures, purifié par deux cristallisations dans l'eau et desséché à + 30°, pesait $3^{g},9$. Il était soluble dans l'eau à raison de

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XXVI, 1849, p. 108.

(2) *Chimie*, t. IV, 1861, p. 671.

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXXV, 1902, p. 1846.

0,06 pour 100, à la température de + 20°, possédait tous les caractères et la composition du silicotungstate de pyridine, décrit antérieurement par l'un de nous (¹) :

	Trouvé pour 100.	Calculé pour 100.
Eau de cristallisation (par chauffage à + 125°).......	0,55	0,56
Anhydrides silicique et tungstique (par calcination)..	88,32	88,49
Azote (par la méthode de Dumas)..................	1,75	1,74

Nous avons vérifié, en outre, que la base volatile précipitée par l'acide silicotungstique était bien de la pyridine en la combinant au chlorure de platine et en faisant subir au chloroplatinate la transformation curieuse d'Anderson (²).

1g,86 de silicotungstate recristallisé a été distillé au réfrigérant ascendant de Schlœsing avec un léger excès de soude; le distillat a été saturé exactement par l'acide chlorhydrique titré en présence d'hélianthine : il a fallu 0g,081 de HCl. On a ajouté 4cm³ de solution de $PtCl^4$ au dixième, et la solution, dont le volume était d'environ 100cm³, a été maintenue à l'ébullition, sous volume constant, jusqu'à ce que le précipité jaune verdâtre, presque insoluble dans l'eau bouillante, ait cessé d'augmenter d'une manière appréciable. Nous avons recueilli 0g,377 de précipité, séché à + 37° dans le vide, dans lequel nous avons dosé le platine par calcination ménagée.

	Trouvé.	Calculé pour $(C^5H^5N)^2PtCl^4$.
Platine (pour 100).............	39,25	39,39

La présence de la pyridine parmi les produits auxquels l'infusion de café doit son arome est d'autant plus importante à noter que la proportion de cette base volatile est supérieure à l'ensemble de tous les autres corps signalés jusqu'ici dans l'essence de café. Nous avons trouvé, dans plusieurs échantillons commerciaux fraîchement torréfiés, de 200mg à 250mg de pyridine par kilogramme.

Si l'on n'ajoute à de l'eau sucrée que la partie insoluble dans l'acide chlorhydrique de l'huile volatile séparée par distillation, on ne reproduit pas aussi exactement l'arome de café que si l'on introduit, en même temps, la proportion correspondante de pyridine.

Il devient intéressant de rechercher maintenant, entre autres choses, si la pyridine joue un rôle appréciable dans l'action physiologique de l'infusion de café.

(¹) Gabriel Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXI, 1899, p. 434.

(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XLV, 1853, p. 366.

CHIMIE. — *Étude de l'action de l'eau sur les carbures des terres rares.* Note de M. A. **Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note récemment publiée (¹) par M. Lebeau et par nous, on a pu voir que la composition des gaz dégagés par l'action de l'eau sur les carbures d'uranium et de thorium est très différente de celle qui était admise jusqu'à ce jour. Il nous a paru intéressant de faire le même travail sur les carbures des terres rares du groupe cérique.

L'étude de l'action de l'eau sur les carbures de cérium, lanthane, néodyme, praséodyme et samarium, a suscité déjà quelques recherches. Les résultats publiés sont assez peu concordants, et l'étude bibliographique de la question montre qu'elle n'est pas résolue. Moissan (²) obtint, pour le carbure de cérium par exemple, un mélange gazeux constitué par de l'acétylène (75 pour 100), de l'éthylène (3,5) et du méthane (21,5). Muthmann, Hofer et Weiss (³) reconnurent la présence d'éthylène (16 pour 100) et d'acétylène (84). Enfin M. Delépine (⁴) obtint avec les carbures de cérium et de lanthane des résultats sensiblement du même ordre que ceux de Moissan.

Nous avons, afin de reprendre ces recherches, préparé de nouveau ces carbures, en suivant les indications données par M. H. Moissan. Nous en avons fait l'étude métallographique en les polissant et les examinant à l'abri de l'air, qui les attaque rapidement. Nous avons constaté que tous ces produits sont parfaitement cristallisés, homogènes au microscope et d'aspect comparable. Leur analyse nous a donné des résultats conduisant à la formule C^2M. Ces faits nous permettent d'apporter une preuve nouvelle de leur nature bien définie.

Nous avons alors étudié l'action de l'eau sur ces carbures, que nous avons réalisée dans le vide, dans un appareil tout en verre, comprenant un tube de réaction muni d'un entonnoir à robinet et d'un tube à dégagement relié lui-même à un condenseur. Celui-ci était en communication avec une trompe à mercure.

Il se produit dans toutes ces réactions, outre un oxyde hydraté, des produits gazeux et liquides. Afin de définir la tension de vapeur de ceux-ci dans les gaz, les extrac-

(¹) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1987.

(²) H. Moissan, *Le four électrique*. Steinheil, 1897.

(³) Muthmann, Hofer et Weiss, *Liebigs Ann.*, t. CCCXX, 1902, p. 260.

(⁴) M. Delépine, *Les carbures métalliques*. Joanin, 1904.

tions ont été faites à — 23°, ce qui permet en outre d'obtenir d'une façon mécanique des gaz secs.

Nous avons employé, pour étudier leur composition, la méthode générale publiée par M. Lebeau et par nous (¹) pour l'analyse des mélanges d'hydrocarbures gazeux et d'hydrogène.

Voici les résultats obtenus en faisant varier les conditions d'expérience :

	Carbure de cérium à 4 pour 100 de graphite, par l'eau.	par HCl.	par HCl + Fe^2Cl^6.	Carbure de lanthane, (graphite 2,73 p. 100) par l'eau.
Durée de la réaction	10^m	10^m	10^m	10^m
Volume par gramme	$121^{cm^3},01$	$124^{cm^3},60$	$103^{cm^3},20$	$114^{cm^3},55$
Hydrogène	13,40	14,64	1,88	10,02
Carbures acétyléniques	68,00	68,56	94,38	67,19
Éthylène	5,91	5,62	1,82	6,74
Propylène et homologues	2,55	1,71	0,37	1,98
Éthane	8,87	8,15	} 1,55	} 12,48
Propane	0,96	1,00		1,36
Butane	0,31	0,32		0,23

	Carbure de néodyme, (graphite 2,23 p. 100) par l'eau.	Carbure de praséodyme, (graphite 1,61 p. 100) par l'eau.	Carbure de samarium, (graphite 0,49 p. 100) par l'eau.	(graphite 2,51 p. 100) par l'eau.
Durée de la réaction	2^j	2^j	3^j	10^m
Volume par gramme	$102^{cm^3},50$	$83^{cm^3},50$	$70^{cm^3},43$	$104^{cm^3},75$
Hydrogène	12,61	6,79	5,07	4,82
Carbures acétyléniques	67,82	72,16	71,12	72,04
Éthylène	7,61	8,18	7,92	9,19
Propylène et homologues	1,28	1,22	2,32	2,50
Éthane	8,41	10,68	12,19	} 11,45
Propane	1,79	0,75	1,28	
Butane	0,48	0,22	0,10	

Les faits nouveaux essentiels sont : l'absence rigoureuse et constante de méthane, et la présence d'homologues dans chaque série.

Les carbures acétyléniques comprennent outre l'acétylène, de l'allylène et des vapeurs de carbures plus lourds.

L'action du chlorure ferrique, déjà faite par M. Delépine, permet d'obte-

(¹) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 144, 325, 554.

nir des carbures acétyléniques presque purs si on laisse la réaction livrée à elle-même, rigoureusement purs si on la modère. Ce fait montre la formation primitive d'hydrogène, détourné ici pour réduire le sel ferrique. Dans la marche normale de la réaction, cet hydrogène transforme une partie des acétyléniques en éthyléniques et saturés. Il en reste toujours à l'état libre.

Nous avons constaté que les carbures liquides formés en même temps que les gaz fixent très facilement l'oxygène à froid.

L'étude systématique des oxydes nous a permis de constater que tous étaient des hydrates sesquioxydes. L'hydrate céreux est blanc, même après dessiccation à l'abri de l'air, ce qui n'avait jamais été observé avant nous. Il fixe très rapidement l'oxygène pour donner l'hydrate cérique, et la proportion ainsi fixée nous a conduit à le considérer comme l'hydrate du sesquioxyde Ce^2O^3. Les hydrates des autres carbures répondent à la formule $M(OH)^3$: leur couleur est gris violacé pour le néodyme, vert pâle pour le praséodyme, blanc pour le samarium.

L'ensemble de ces faits montre que la réaction se produit conformément à l'équation suivante, antérieurement admise par M. Delépine :

$$C^2M + 3H^2O = M(OH)^3 + C^2H^2 + H^2.$$

L'hydrogénation de l'acétylène donne de l'éthylène et de l'éthane. Il ne se forme jamais trace de méthane.

La présence des homologues supérieurs et des carbures liquides facilement oxydables ne peut pas être rattachée à des propriétés connues des carbures d'hydrogène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la transformation spontanée des hypochlorites en chlorates et des hypobromites en bromates.* Note de M. **J. Clarens**, transmise par M. P. Sabatier.

En étudiant l'évolution des hypochlorites et des hypobromites, on ne trouve pas à première vue d'étape correspondant aux chlorites et aux bromites.

1° *Hypochlorites.* — Un fait indiscutable est que, dans les solutions commerciales d'hypochlorites, qui se transforment progressivement en chlorates, on ne peut déceler la présence de *chlorites*.

J'ai étudié ce qui se passe si de pareilles solutions sont additionnées de chlorites. En milieu fortement alcalin, ce qui est le cas des solutions com-

merciales, le chlorite disparaît progressivement, la teneur en hypochlorite n'étant pas modifiée de ce chef. La quantité de chlorite qui subsiste dans ces conditions n'est notable que pour des solutions pauvres en hypochlorite.

Si l'alcalinité du milieu est moindre, si par exemple on additionne d'acide hypochloreux des solutions de chlorites légèrement alcalines, le chlorite est encore détruit, mais avec disparition simultanée d'une quantité d'acide hypochloreux variable avec l'alcalinité de la solution et les proportions relatives d'acide hypochloreux et de chlorite.

On conçoit donc pourquoi on ne peut constater l'étape chlorite dans les solutions concentrées d'hypochlorites.

En m'adressant à de vieilles solutions d'hypochlorites commerciaux presque entièrement transformées en chlorates, j'ai pu y constater la présence de chlorites en quantité très notable.

Et aussi, inversement, en étudiant l'action de petites quantités de chlore sur des solutions alcalines, j'ai démontré que le chlorite est le premier terme de la transformation de l'hypochlorite.

2° *Hypobromites.* — Dans les solutions d'hypobromites, on constate la présence des bromites avant celle des bromates.

La formule de la transformation est visiblement

$$2KBrO = KBr + KBrO^2. \qquad (1)$$

J'ai d'ailleurs vérifié par l'étude du rapport $\dfrac{\log \frac{v_1}{v_2}}{\log \frac{c_1}{c_2}}$, v_1 et v_2 étant les vitesses de transformation correspondant aux deux concentrations c_1 et c_2 de deux solutions d'hypobromite, tout à fait au début de leur évolution, que la formule de transformation de l'hypobromite est bimoléculaire.

Mais dès que de bromite existe dans la liqueur, il peut être oxydé par l'hypobromite suivant la formule

$$KBrO + KBrO^2 = KBr + KBrO^3 \qquad (2)$$

ou bien se transforme en bromate suivant la formule

$$3KBrO^2 = 2KBrO^3 + KBr, \qquad (3)$$

dans laquelle n'intervient pas l'hypobromite, ce dernier mode de transformation étant analogue au mode de transformation du chlorite ajouté à des solutions suffisamment alcalines d'hypochlorite.

Appliquant les méthodes de dosage exposées dans la dernière Note [1], j'ai construit

[1] J. Clarens, *Comptes rendus*, séance du 30 juin 1913.

pour des concentrations diverses les courbes exprimant en fonction de temps les quantités d'hypobromite et de bromite existant dans les solutions étudiées.

Le détail de ces courbes sera fourni dans un travail étendu (Voir *Thèse de doctorat*, Toulouse, 1913). Leur allure générale est toujours la même : tandis que l'hypobromite décroît constamment avec une rapidité qui dépend de la température et de la concentration, la quantité de bromite croît d'abord, passe par un maximum, pour décroître ensuite. Soient h et b les concentrations en hypobromite et bromite de la liqueur, mesurées par exemple par le pouvoir oxydant vis-à-vis de l'acide arsénieux.

La vitesse de formation du bromite sera : mh^2 [formule (1)], sa vitesse de destruction sera nhb si la formule (2) exprime bien la réaction ou $n'b^3$ si c'est la formule (3) qui doit intervenir (m, n, n' étant indépendants de la concentration, dépendant seulement de la température et de l'alcalinité du milieu).

Le bromite croît ou décroît dans la solution suivant que la vitesse de formation est plus grande ou plus petite que la vitesse de destruction. Il est évident que pour le maximum les deux vitesses doivent être égales et l'on aura suivant le cas :

$$m\mathrm{H}^2 = n\mathrm{HB}$$
$$m\mathrm{H}^2 = n'\mathrm{B}^3$$

(H et B étant les valeurs de h et b pour le maximum); en d'autres termes, si la formule (2) exprime bien la réalité, le rapport $\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{B}} = \frac{n}{m}$ est indépendant de la concentration ou bien le rapport $\frac{\mathrm{H}^2}{\mathrm{B}^3} = \frac{n'}{m}$ si la réaction s'exprime par la formule (3). Les déterminations effectuées montrent que le rapport $\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{B}}$ est sensiblement constant, tandis que le rapport $\frac{\mathrm{H}^2}{\mathrm{B}^3}$ subit des variations incomparablement plus étendues.

En réalité, le rapport $\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{B}}$ augmente légèrement avec la concentration. J'ai montré comment ce fait pouvait s'interpréter (en même temps que la forme en plateau, au voisinage du maximum, de la courbe représentant la variation du bromite dans les cas de concentrations élevées) par l'intervention accessoire de la réaction (3).

Cette étude précise donc le mode de transformation de l'hypobromite en bromate : il existe une étape intermédiaire, le bromite. Le bromate, terme ultime de l'évolution, provient de l'oxydation du bromite existant dans la liqueur par l'hypobromite non encore transformé.

L'existence de cette étape intermédiaire peut d'ailleurs être manifestée directement par la considération des courbes représentant le début de la transformation de l'hypobromite. Elles présentent toutes un point d'inflexion très net qui s'explique très naturellement par tout ce qui précède.

L'hypobromite diminue dans la solution du fait de sa transformation en bromite et aussi parce qu'il réagit sur le bromite pour le transformer en bromate.

La vitesse de transformation est donc la somme de deux termes : dans l'un n'intervient que la concentration en hypobromite ; il diminue constam-

ment par suite ; dans l'autre intervient le produit de la concentration en hypobromite, qui décroît constamment par la concentration en bromite qui *croît* au début. On conçoit que ce terme pourra croître ou décroître suivant la valeur relative des deux facteurs et de leurs accroissements, et l'ensemble des deux termes pourra avoir un accroissement positif ou négatif.

On peut le calculer facilement et l'on trouve que, dans les conditions où nous nous sommes placés, c'est-à-dire au début de l'évolution, la vitesse de transformation de l'hypobromite commence par croître. Mais, d'autre part, la quantité de bromite passe par un maximum, la quantité d'hypobromite diminuant constamment. A un moment donné, la vitesse de destruction de l'hypobromite diminuera elle aussi. Dans l'intervalle, elle passera par un maximum.

En utilisant les formules (1) et (2) ci-dessus, on peut calculer l'expression de cette vitesse et aussi la valeur de rapport $\frac{h}{b}$ correspondant au maximum.

Les valeurs ainsi calculées s'appliquent aussi exactement que possible aux points d'inflexion déterminés expérimentalement, ce qui constitue une nouvelle vérification des considérations exposées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique des cétones sur les oxydes de fer.* Note de M. **A. Mailhe**, transmise par M. P. Sabatier.

J'ai déjà montré [1] que l'oxyde de cadmium convient fort bien pour la préparation des cétones symétriques et des cétones mixtes, sauf dans le cas des acides isobutyrique et isovalérique. Les oxydes de fer peuvent être employés aussi avantageusement pour effectuer la catalyse des acides en vue de la préparation des cétones. On peut se servir indifféremment de l'oxyde ferreux provenant de la calcination en tube fermé de l'oxalate de fer, ou de l'oxyde ferrique, obtenu en chauffant à l'air l'oxalate ferreux. Ces deux oxydes sont disposés sur une longueur de 50^{cm} environ dans un tube d'Iéna, chauffé sur une grille à une température pouvant varier de 430° à 490°. Un tube capillaire placé à l'avant du tube à expérience permet de faire arriver goutte à goutte l'acide ou le mélange d'acides en avant du catalyseur. Les vapeurs, après réaction, sont condensées dans un tube en U entouré d'eau.

Après un seul passage sur le catalyseur, les vapeurs d'*acide acétique* sont presque

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. XIII, 1913, p. 666.

entièrement transformées en propanone. L'*acide propionique* fournit un gaz à 90 pour 100 de CO^2 et 10 pour 100 d'hydrogène; 20g d'acide ont donné 11g de propione; la théorie exige 11g,6. Avec l'*acide butyrique*, on obtient un gaz à 86 pour 100 de CO^2 et 14 pour 100 d'hydrogène. 20g d'acide ont fourni 9g de butyrone avec l'oxyde ferreux et 11g avec l'oxyde ferrique. Sur l'oxyde ferreux, l'*acide isobutyrique* produit à 440° un dégagement gazeux assez faible; à 490°, le dégagement était de 70cm³ par minute. Le liquide condensé provenant de la décomposition de 20g d'acide contient 1g d'aldéhyde isobutyrique, donnant la combinaison bisulfitique, et 5g d'isobutyrone. L'oxyde ferrique n'a produit que 4g de cétone sur 20g d'acide transformés.

L'acide isovalérique ne subit, à 450°, qu'une faible décomposition sur les deux oxydes de fer. Mais à 480°-490°, le gaz dégagé est abondant et composé de CO^2 et d'hydrogène. 20g d'acide ont fourni 7g,5 d'isovalérone avec l'oxyde ferreux.

L'acide valérique normal donne, à 450°, un gaz à 75 pour 100 de CO^2. 10g d'acide conduisent à la formation de 5g de valérone ($CH^3CH^2CH^2CH^2)^2CO$, bouillant à 175°.

De même, 15g *d'acide caproïque* (isobutylacétique) ont fourni 7g de caprone, bouillant à 215°-217°. La théorie exige 11g. Enfin, 10g *d'acide caprylique* ont donné 6g de *caprylone*, $(C^7H^{15})^2CO$, fusible à 39°, au lieu de 7g,8 (théorie).

Dans tous les cas, il s'est fait une certaine dose d'aldéhyde correspondant à l'acide employé, et par suite d'une réduction due à l'hydrogène formé dans la réaction, l'oxyde ferrique s'est partiellement transformé en oxyde ferreux.

Le mélange d'acide benzoïque et d'un acide aliphatique quelconque conduit également à de bons résultats, lorsqu'on le dirige sur l'oxyde ferrique.

Acide benzoïque.					
10g	+ 12g	acide	acétique	ont fourni	7g	acétophénone cristallis.
15	+ 20	»	propionique	»	12	propiophénone cristallis.
15	+ 20	»	butyrique	»	13	phénylpropylcétone
15	+ 20	»	isobutyrique	»	7	phénylisopropylcétone
15	+ 20	»	isovalérique	»	6,5	phénylisobutylcétone
10	+ 10	»	valérique N	»	8	phénylbutylcétone, b. 242°

L'acide phénylacétique seul ou mélangé aux différents acides aliphatiques a donné les résultats suivants :

20g d'acide phénylacétique ont fourni 11g,2 de dibenzylcétone.

10g d'acide phénylacétique, mélangés à 15g d'acide propionique, ont fourni 7g de benzyléthylcétone et 3g de dibenzylcétone. Avec 10g du même acide et 15g d'acide butyrique, on a obtenu 8g,5 de benzylpropylcétone, 4g de dibenzylcétone et 5g de butyrone. 10g d'acide phénylacétique et 15g d'acide isobutyrique conduisent par catalyse sur Fe^2O^3 à 5g d'acétone mixte, 4g de dibenzylcétone, 3g d'isobutylcétone et 1g environ d'aldéhyde isobutyrique. Avec l'acide isovalérique, on obtient des résultats sensiblement identiques. 10g d'acide phénylacétique et 10g d'acide valérique normal ont fourni, en outre d'une faible proportion de valéral, 4g de valérone N, 5g de benzylbutylcétone et 4g de dibenzylcétone. 15g d'acide phénylacétique et 15g d'acide

caproïque ont conduit à la formation de 3g de caprone, 8g d'acétone mixte et 6g de benzylacétone.

L'acide phénylpropionique catalysé seul sur l'oxyde de fer a fourni un gaz à 73 pour 100 de CO^2 et 27 pour 100 d'hydrogène, et le liquide recueilli contenait, pour 15g d'acide transformé, 8g d'acétone $(C^6H^5CH^2CH^2)^2CO$. Le mélange de cet acide et des différents acides gras conduit également à de bons rendements en cétones mixtes de la forme $C^6H^5CH^2CH^2COR$.

Enfin, en catalysant ensemble sur l'oxyde de fer un mélange d'acide propionique et d'acide isovalérique, on recueille, en outre d'une notable proportion de propione et d'isovalérone, l'acétone mixte, $CH^3CH^2CO.CH^2CH(CH^3)^2$, bouillant à 135°.

L'oxyde ferrique constitue donc un bon catalyseur des acides. Les plus mauvais rendements sont obtenus avec les acides isovalérique et isobutyrique. Pendant la catalyse, il est partiellement réduit en oxyde ferreux qui, lui aussi, jouit des mêmes propriétés catalytiques. En outre, il peut être régénéré facilement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur l'acide et sur l'anhydride sulfuriques.* Note de M. **H. Giran**, transmise par M. P. Sabatier.

Pickering (¹) a déterminé la courbe des points de solidification commençante des mélanges d'eau et d'acide sulfurique. Je m'étais proposé de compléter ce *liquidus* par le *solidus* correspondant, mais j'ai dû y renoncer, les mixtes étudiés donnant, à basse température, des masses vitreuses incristallisables. J'ai, du moins, vérifié les résultats de Pickering et complété sa courbe dans la région comprise entre 68 et 76 pour 100 de SO^4H^2 où cet auteur n'avait pu obtenir de cristallisation. Les mélanges contenant ces proportions d'acide sulfurique ne cristallisent, en effet, qu'avec la plus grande difficulté; quand on les refroidit, on obtient une masse pâteuse dont on ne peut provoquer la cristallisation que par une agitation *prolongée et très énergique;* encore faut-il que la surfusion soit faible.

La courbe est particulièrement intéressante dans cet intervalle, car elle décèle, par un maximum, l'existence de l'hydrate $SO^4H^2 + 2H^2O$, c'est-à-dire de l'hydrate normal $S(OH)^6$, fusible à $-36°,7$, et celle de deux eutectiques à 67,5 et à 75,0 pour 100 de SO^4H^2 qui fondent respectivement à $-46°,0$ et à $-41°,0$.

Pour le reste, j'ai retrouvé les résultats de Pickering, soit les hydrates

$$SO^4H^2 + H^2O\,(F = +9°,1) \qquad \text{et} \qquad SO^4H^2 + 4H^2O\,(F = -24°,5),$$

et les eutectiques à 38,0 et à 49,0 pour 100 de SO^4H^2 ($F = -72°$ et $-28°$).

(¹) Pickering, *Journ. of chem. Soc.*, t. LVII, 1890, p. 338.

J'ai complété cette courbe par l'étude des solutions plus concentrées que SO^4H^2, considérées comme des mélanges d'eau et d'anhydride sulfurique. Le liquidus obtenu ne possède qu'un seul maximum, à $+35°,0$, fourni par l'acide pyrosulfurique $S^2O^7H^2$. La courbe présente, en outre, un changement de direction, à $+26°$, pour la composition 94,7 pour 100 de SO^3 qui est celle de l'hydrate $S^4O^{13}H^2$ déjà signalé par Weber [1]; elle indique aussi l'existence de deux eutectiques à 85,2 et 93,0 pour 100 de SO^3 ($F = -9°,5$ et $+4°,0$); l'eutectique à 93 pour 100 possède exactement la composition qu'aurait l'hydrate $S^3O^{10}H^2$. Enfin, la courbe aboutit, par une dernière portion rectiligne, à la température de $+30°$ pour l'anhydride sulfurique pur.

On admet généralement l'existence de deux états allotropiques de ce composé : l'anhydride α, fusible vers $+18°$, et l'anhydride β que l'on considère, soit comme infusible, soit comme fusible ou partiellement fusible à une température imprécise et mal définie, mais supérieure à 50°. Il paraît également résulter des travaux publiés sur cette question que l'anhydride α se transforme en son isomère β en présence des plus faibles traces d'humidité. La portion rectiligne finale de ma courbe doit donc être considérée comme correspondant à des mélanges d'eau et de $SO^3\beta$ et la température de $+30°$ serait le point de fusion de cet anhydride.

Comment expliquer la divergence des résultats obtenus au sujet de cette constante? On a remarqué depuis longtemps que la fusion de l'anhydride β est accompagnée de la production d'une masse gélatineuse, amorphe, plus difficilement fusible et qui est, apparemment, un troisième état allotropique de SO^3; cette masse amorphe ne se liquéfie entièrement que sous l'action d'une température d'au moins 80° à 90° maintenue pendant 2 ou 3 heures. L'anhydride β paraît donc formé d'une partie cristallisée mélangée avec la variété amorphe, en quantité d'autant plus grande que l'échantillon est plus ancien; c'est pourquoi l'anhydride conservé depuis longtemps est plus difficile à fondre que lorsqu'il est de préparation récente, ainsi que l'avait constaté Weber.

Lorsqu'on chauffe progressivement cet anhydride et qu'on observe attentivement ce qui se passe, on constate que, à partir d'une température plus ou moins élevée, des gouttelettes liquides commencent à apparaître çà et là dans la masse et se rassemblent peu à peu et lentement au fond du vase, en un liquide incolore et très mobile. Mais, tant que la température est peu supérieure à 30°, la quantité de liquide obtenue est bien

---

(1) WEBER, *Ann. Pogg.*, t. CLIX, 1876, p. 313.

faible et souvent peu apparente; il paraît être retenu, au fur et à mesure de sa formation, par une action physique de la variété amorphe qui absorberait le liquide comme le ferait une éponge.

Quand la température s'élève, la masse amorphe se liquéfie elle-même et le liquide apparaît plus abondant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sodammonium sur le phénylacétylène et sur le styrolène.* Note de MM. **Paul Lebeau** et **Marius Picon**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication [1], nous avons montré que les carbures acétyléniques vrais de la série grasse, en réagissant sur le sodammonium, fournissaient pour 2^{mol} de dérivé acétylénique sodé, 1^{mol} du carbure éthylénique correspondant. Nous avons pu immédiatement étendre l'étude de cette réaction à un carbure acétylénique de la série aromatique grâce à la complaisance de M. Moureu qui a bien voulu mettre à notre disposition du phénylacétylène très pur.

Le phénylacétylène donne avec le sodammonium une masse blanche cristalline qui, après lavage à l'éther anhydre et après avoir été soumise à l'action d'un courant d'hydrogène sec à 100°, donne un dégagement d'ammoniac à l'air humide. L'éther provenant de ce lavage abandonne un liquide incolore bouillant à 135°. Ce composé ne précipite pas les réactifs des carbures acétyléniques et n'est attaqué par le brome qu'après un contact de 24 heures. Il possède la composition de l'éthylbenzène ainsi que l'établissent les analyses ci-dessous :

			Théorie pour	
	I.	II.	C^8H^8.	C^8H^{10}.
Carbone.........	90,73	90,74	92,31	90,56
Hydrogène.......	9,71	9,35	7,69	9,44
	100,44	100,09	100,00	100,00

L'hydrogénation ne s'arrête donc pas ici à la production d'un carbure éthylénique, et cependant le rapport entre le poids du carbure acétylénique employé et le poids du carbure saturé obtenu est encore le même; c'est-à-dire que sur trois molécules de carbure acétylénique, deux molécules fournissent le dérivé sodé et la troisième est transformée en carbure saturé. Une partie de l'hydrogène serait ici fournie par le sodammonium lui-même qui serait transformé en amidure de sodium; l'existence de ce dernier à côté du dérivé sodé explique le dégagement d'ammoniac qu'on observe orsqu'on soumet le mélange à l'action de l'eau ou de l'air humide. La réaction serait

(1) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 137.

alors exprimée par l'équation suivante :

$$3C^6H^5-C\equiv CH+4NH^3Na = 2C^6H^5C\equiv CNa+C^6H^5.CH^2.CH^3 + 2NH^2Na+2NH^3.$$

Il restait à établir que le styrolène était lui-même susceptible d'être hydrogéné par le sodammonium avec formation d'éthylbenzène et d'amidure de sodium. Dans une expérience faite dans ce but nous avons constaté que le styrolène réagissait lentement sur le sodammonium en donnant naissance à un dépôt cristallisé blanc et à un produit liquide que l'éther séparait aisément après élimination de l'ammoniac. Le liquide ainsi isolé bouillait à 135° et présentait les propriétés de l'éthylbenzène. Le résidu blanc insoluble dans l'éther, traité par de l'iodure de méthyle en présence d'ammoniac liquide (1) nous a donné de la monométhylamine facile à caractériser, ce qui démontre nettement qu'on se trouvait en présence d'amidure de sodium.

De l'ensemble de ces constatations, il résulte que dans le cas du phénylacétylène, l'hydrogénation par le sodammonium ne s'arrête pas, comme pour les carbures acétyléniques vrais de la série grasse, au carbure éthylénique correspondant, mais qu'il y a ici production du carbure saturé : l'éthylbenzène. Cette hydrogénation plus complète s'explique par la transformation même du carbure éthylénique intermédiaire, le styrolène en éthylbenzène sous l'action du sodammonium avec formation d'amidure de sodium.

CHIMIE HYDROLOGIQUE. — *Étude spectrographique des eaux minérales françaises.* Note de M. **Jacques Bardet**, présentée par M. Moureu.

Les analyses des eaux minérales françaises n'indiquent ordinairement que les corps qu'il a été possible d'y doser, ou tout au moins d'isoler sur des quantités de matières relativement faibles.

Dans ces dernières années cependant, poussés par les découvertes de la thérapeutique, les analystes ont cherché à augmenter leur champ d'investigations. M. le professeur Garrigou, en particulier, a fait dans cette voie des recherches d'un grand intérêt. Mais la très faible proportion des corps à déceler entraîne le traitement d'énormes masses d'eau, et les résultats ainsi trouvés ont paru assez extraordinaires pour que certains auteurs aient élevé des doutes sur leur exactitude. Il m'a semblé intéressant et utile de mettre au

(1) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1264.

service de la Chimie hydrologique le puissant et exact auxiliaire qu'est le spectrographe, pour mettre facilement et indiscutablement en évidence, sans nécessiter leur isolement, les corps dont les eaux minérales ne contiennent que des traces.

Les recherches ont été faites au moyen d'un grand spectrographe à prisme en quartz. La méthode employée était celle des spectres d'arc. Les spectrogrammes ont été étudiés entre 2500 et 3500 U. Å. Cette région du spectre présente des raies suffisamment nombreuses et caractéristiques pour déterminer avec certitude la présence de tous les corps possibles à déceler au moyen du spectrographe, à l'exception des alcalins et alcalino-terreux. Ceux-ci ayant fait l'objet de nombreuses études antérieures, il n'y avait aucun inconvénient à en laisser la recherche de côté.

J'ai eu entre les mains les résidus secs de 54 sources, provenant de 34 stations thermales, ayant les situations géographiques et les origines géologiques les plus diverses. Ces résidus ont tous été spectrographiés directement. Lorsque la quantité de matière était suffisante, j'ai en outre fait un traitement analytique rudimentaire, qui consistait, après avoir remis le résidu en solution, à précipiter ensemble les métaux de chaque groupe. On spectrographiait ensuite les précipités ainsi obtenus. L'avantage de ce traitement est surtout d'isoler les sels alcalins et alcalino-terreux qui, formant la masse des résidus bruts, diluent et masquent les traces des autres éléments contenus.

Les corps les plus couramment trouvés [1] sont : le plomb, qui existe dans toutes les eaux minérales, l'argent et l'étain, qu'on trouve dans la plupart. Ensuite viennent le germanium et le gallium, que le spectrographe décèle directement dans un grand nombre de résidus bruts, et que le traitement analytique m'a permis de trouver dans un plus grand nombre.

C'est la première fois que ces corps réputés si rares sont signalés dans les eaux minérales. Leur présence permet de supposer que cette rareté est moins grande qu'on ne l'a cru jusqu'ici, et qu'il y aurait plutôt une véritable dispersion de ces corps dans les roches et les minéraux. Cette supposition est d'ailleurs appuyée par les recherches de MM. Urbain, pour le germanium, et de Gramont, pour le gallium.

Outre ces corps dont la présence est courante dans les eaux, j'ai pu constater celle d'un assez grand nombre d'autres éléments. Le molybdène

---

[1] Je ne cite naturellement que les corps dont la présence était inconnue ou considérée comme extrêmement rare dans les eaux.

et le cuivre sont très fréquemment trouvés. Le bismuth, le zinc, le glucinium sont moins communément reconnus. Enfin l'antimoine, le cobalt, le chrome, le mercure, le nickel, l'or, le thallium, le titane, le vanadium, le tungstène sont relativement rares.

La présence d'un grand nombre de ces corps peut être simultanée. C'est ainsi que pour la seule source du Parc Sainte-Marie, à Nancy, dont MM. A. Gautier et Moureu ont fait une étude qui peut être considérée comme le modèle des analyses hydrologiques modernes, j'ai pu, à la liste déjà longue des métaux signalés, et qui comprenait : potassium, sodium, lithium, magnésium, calcium, radium, aluminium, fer, manganèse, antimoine, étain, ajouter douze corps nouveaux : argent, bismuth, cobalt, cuivre, gallium, germanium, glucinium, molybdène, plomb, titane, vanadium, zinc.

On voit que la recherche spectrographique permet de compléter dans une mesure qui est loin d'être négligeable les résultats donnés par l'analyse chimique ordinaire.

BOTANIQUE. — *Les éléments sexuels des hybrides de Vigne.* Note de M. M. Gard, présentée par M. L, Guignard.

I. Qu'il s'agisse de fleurs mâles (à étamines longues) ou de fleurs hermaphrodites (à étamines courtes et recourbées), le pollen des espèces sauvages est normal, la proportion de grains vides ne dépassant pas 10 à 12 pour 100.

Cependant, parmi les variétés sélectionnées par la culture, quelques-unes offrent une altération plus élevée, pouvant atteindre 50 pour 100 et au delà.

II. Chez la Vigne européenne cultivée, deux cas se présentent : 1° le pollen est souvent normal; 2° il renferme trois sortes de grains : les normaux, les vides et tous les intermédiaires. Selon le cépage, tantôt les deux dernières catégories s'équivalent, tantôt l'une prédomine sur l'autre, mais les grains pleins sont généralement plus nombreux.

Aussi bien chez les espèces sauvages que chez les variétés cultivées, les cas de pollen normal sont plus fréquents que les cas de pollen altéré. Nous ne sommes, du reste, nullement renseignés sur les causes de cette altération.

III. Le pollen est toujours modifié chez les hybrides binaires, à un degré plus ou moins élevé, il est vrai, qu'il s'agisse de mâles, d'hermaphrodites à étamines courtes ou d'hermaphrodites à étamines longues. Souvent, il existe des grains petits, déformés, d'aspect anormal, ne gonflant pas dans l'eau, très variés par le contenu qui offre l'aspect d'une calotte, d'un croissant ou d'une couronne en coupe optique, de même que chez quelques cépages cultivés.

Chez les hydrides trois-quarts, ternaires, quaternaires, il y a aussi des différences considérables selon l'hybride envisagé, la proportion de grains vides pouvant être presque normale ou être très élevée. La quantité de pollen peut aussi offrir de grandes variations.

L'organe femelle, par contre, est aussi bien constitué chez les hybrides que chez les espèces. Les ovules ne manquent jamais de sac embryonnaire et les pépins sont, en moyenne, plus nombreux que chez les parents.

IV. Le pollen des étamines courtes a, comme on sait, des caractères morphologiques bien distincts de ceux du pollen des étamines longues. Au point de vue cytologique, j'y ai reconnu une cellule génératrice libre et un noyau végétatif comme chez le second, alors que les grains déformés, en partie vides ou presque vides, manquent, chez l'une et l'autre sorte, de cellule génératrice, ou bien le noyau de celle-ci est dégénéré.

Sans être impropre à la fécondation, comme on l'a cru, le pollen des étamines courtes est considéré comme incapable de féconder son propre pistil. Par des expériences dont je donnerai le détail ailleurs, j'ai vérifié l'exactitude de cette opinion chez *V. cordifolia*, Jacquez d'Aurelles, Blue favorite, Massassoït, Black eagle, contrairement à ce qui a lieu pour les fleurs à étamines longues (1).

V. Les faits présentés par les éléments sexuels des hybrides de Vigne ne constituent donc pas une exception à ceux déjà connus et ne concordent pas avec ceux énoncés par M. Couderc (2). L'élément mâle est altéré en proportion plus ou moins considérable, tandis que l'élément femelle reste intact, conformément à la règle, d'après laquelle les ovules ne subissent aucune dégradation lorsqu'ils sont en petit nombre (3).

---

(1) M. Gard, *Possibilité et fréquence de l'autofécondation chez la Vigne cultivée* (*Comptes rendus*, juillet 1912).

(2) Couderc, *Congrès de l'hybridation de la Vigne*, Lyon, 1903.

(3) L. Guignard, *Sur les éléments reproducteurs des hybrides végétaux* (*Comptes rendus*, 1886).

M. Booth [1] a décrit deux formes distinctes de pollen, dont l'une serait active, l'autre inactive, sans connexion avec la longueur et le port des étamines et qui peuvent coexister chez certains cépages américains. Elles correspondent, sans aucun doute, aux grains normaux et aux grains altérés des hybrides et de certains cépages. Leur existence chez les variétés étudiées par l'auteur n'a pas lieu de surprendre, puisque ce sont des hybrides naturels, fait qu'une certaine école américaine n'a jamais voulu admettre, sous l'influence des idées d'Engelmann.

BOTANIQUE. — *Influence de la suppression partielle des réserves de la graine sur l'anatomie des plantes.* Note de M. **Marcel Delassus**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note antérieure [2], j'ai montré l'influence profonde qu'exerce la suppression plus ou moins complète des réserves de la graine sur la morphologie externe et le développement général de la plante. J'ai repris, cette année, mes recherches sur cette importante question, en me plaçant surtout au point de vue anatomique, et voici les résultats auxquels je suis arrivé en opérant sur les graines de *Faba vulgaris, Lupinus albus, Vicia sativa, Cicer arietinum, Curcurbita pepo.*

Si l'on fait une coupe transversale ou longitudinale dans la tige ou la racine d'une plante provenant de graines entières et dans les mêmes organes d'une plante issue de graines à cotylédons mutilés, on est immédiatement frappé par la différence de surface, souvent considérable, qui existe entre les deux sections obtenues. On le constate aisément sur le Tableau suivant, où j'ai noté les dimensions moyennes des tiges et des racines de fèves, à la fin de chacun des trois premiers mois de leur développement. Ces coupes ont été faites pour la tige au milieu du quatrième entre-nœud et, pour la racine à 2^{cm} environ au-dessous du collet.

Fève.

	1 mois		2 mois		3 mois	
	Tige.	Racine.	Tige.	Racine.	Tige.	Racine.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Graines entières........	4,65	3,36	7	5,75	8	10,45
Graines avec ½ cotylédon.	3,45	3,00	5	3,63	5,5	6,38

(1) Booth, *Conférence de Génétique* (*Conference of hybrids Report*). New-York, 1902.

(2) *Influence de la suppression partielle des réserves de la graine sur le développement des plantes* (*Comptes rendus*, 26 décembre 1911).

Ces différences de surface, ainsi que les diminutions de volume correspondantes, persistent pendant toute la durée de la vie du végétal, mais elles vont en s'atténuant à mesure qu'on se rapproche de la floraison ou de la fructification.

L'examen microscopique des coupes permet de constater que cette diminution de surface est la conséquence d'une réduction de tous les tissus qui porte, non seulement sur le nombre de cellules qui composent chacun d'eux, mais encore sur les dimensions mêmes de ces cellules. L'écorce, la moelle sont moins développées généralement dans les plantes provenant de graines à cotylédons mutilés; toutefois c'est le cylindre central, et dans ce dernier le bois et le liber, qui présente le plus souvent la réduction la plus considérable. Voici d'ailleurs, à titre d'exemples, les résultats auxquels je suis arrivé en ce qui concerne la fève pour des plantules de 1 mois :

	Grosseur du cylindre central.	Faisceau libéroligneux.	Bois.	Liber.	Moelle.	Écorce.
		Tiges.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Graines entières.......	2,45	0,345	0,2210	0,124	1,75	2,20
Graines avec ½ cotylédon	1,70	0,203	0,10	0,103	1,27	1,75
		Racines.				
Graines entières.......	1,26	0,28	0,20	0,08	0,54	2,10
Graines avec ½ cotylédon	1,15	0,27	0,19	0,08	0,38	1,85

La mutilation des cotylédons entraîne également une diminution du nombre de fuseaux libéroligneux de la tige. Cette diminution était nettement accusée dans les fèves et les lupins. Dans les premières, en effet, on comptait, en moyenne 18 faisceaux libéroligneux primaires dans les plantes provenant de graines entières; tandis qu'on n'en comptait guère plus de 14 dans celles provenant de graines auxquelles on n'avait laissé que la moitié d'un cotylédon. Mais il est à remarquer que, pour les courgettes et les pois chiches, ces différences étaient déjà considérablement atténuées; pour les gesses enfin, il était difficile de noter des différences appréciables.

Le retard dans la croissance, que produit la mutilation des cotylédons, amène également une différenciation moins rapide de chacun des tissus du végétal et notamment des tissus de soutien (collenchyme et sclérenchyme). Les assises génératrices secondaires apparaissent aussi plus tardivement

dans les lots mutilés, et les tissus qui en résultent, le bois surtout, sont moins développés. Le fait est particulièrement intéressant à signaler dans les tiges et les racines de fèves et de lupins. Dans les tiges de ces dernières, par exemple, au troisième mois, l'assise génératrice intralibérienne qui a fonctionné normalement dans les plantes provenant de graines entières, a donné naissance à un anneau complet de bois et de liber secondaires; dans les plantes du lot à demi-cotylédon, l'assise génératrice existe, mais la différenciation du tissu secondaire est moins avancée et le bois secondaire forme encore des îlots séparés. Les chiffres suivants donnent une idée de ce moindre développement des formations secondaires chez la fève :

Fèves.

	Tige.		Racine.		Dimension d'un vaisseau de bois primaire.	
3 mois.	Bois secondaire.	Liber secondaire.	Bois secondaire.	Liber secondaire.	Tige.	Racine.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Graines entières	0,53	0,1125	2,90	0,65	0,0322	0,06
Graines avec ½ cotylédon.	0,455	0,11	1,30	0,45	0,0156	0,05

Je n'ai rien dit jusqu'ici des modifications anatomiques qu'exerce sur la feuille la mutilation des cotylédons; mais ces modifications, bien que moins importantes que pour la tige et la racine, sont encore fort nettes. Le Tableau suivant en donnera d'ailleurs une idée :

Feuille (coupe au milieu de la nervure médiane).

1 mois.	Dimension totale.	Écorce.	Faisceau libéro-lig.	Bois.	Liber.	Nombre de vaisseaux du bois.
	mm	mm	mm	mm	mm	
Graines entières	1,32	1,045	0,28	0,20	0,08	60-65
Graines avec ½ cotylédon.	0,836	0,63	0,2068	0,1144	0,092	43-45

Tels sont, brièvement exposés, les effets de la mutilation des cotylédons sur la structure anatomique des plantes qui en proviennent. Cette mutilation se traduit par un développement moindre de la plante, en surface et en volume, par une réduction notable de tous les tissus du végétal, surtout des tissus de soutien et des tissus secondaires, par leur différenciation plus tardive; enfin, parfois par la réduction du nombre de faisceaux libéro-ligneux de la tige.

AGRONOMIE. — *La perméabilité des terres d'Égypte.* Note de M. **Audebeau Bey**, présentée par M. E. Roux.

Cette Note se rapporte à la classification des terres de l'Égypte au point de vue de la perméabilité et de la formation de la vallée pendant quelques-unes des phases de l'époque pléistocène.

Les études que j'ai faites m'amènent à la classification suivante :

1° *Terres perméables.* — Dans ces terres, il y a égouttement facile dans les sables profonds baignés par l'eau souterraine naturelle alimentée par le Nil. Les ascensions et descentes de l'eau souterraine dans les alluvions supérieures sont en retard par rapport à celles du fleuve. Le décalage est d'autant plus grand qu'on s'éloigne de celui-ci. Les canaux à plan d'eau élevés ne donnent pas lieu à des dommages dans les terres de cette nature et les arrosages rapprochés des cotonniers, lors de leur plein développement, ne sont pas nuisibles.

2° *Terres moyennement et assez faiblement perméables.* — L'amplitude annuelle de l'onde de la nappe souterraine y est moins grande que dans les terres perméables. Lorsque l'égouttement dans les sables profonds devient faible, les canaux en charge donnent lieu à des infiltrations latérales. Les arrosages copieux ou rapprochés sont alors à éviter.

3° *Terres perméables avec sous-sol imperméable.* — Dans ces terrains, il n'y a pas de communication des couches supérieures avec les sables profonds baignés par l'eau souterraine naturelle du Nil. Les canaux et rigoles en charge occasionnent des infiltrations et la montée des sels. Les arrosages fréquents ou copieux sont à redouter.

4° *Terres plus ou moins imperméables à la surface et surmontant un sous-sol perméable en communication avec les canaux.* — Il faut distinguer deux cas : 1° si le sous-sol repose lui-même sur une couche imperméable, les infiltrations latérales des canaux et rigoles en charge sont lentes et dépendent de la pression hydrostatique ainsi que du degré d'imperméabilité des terres voisines de la surface du sol; 2° si le sous-sol perméable s'égoutte facilement dans les sables profonds, il n'y a pas de dommage résultant des infiltrations de canaux et rigoles en charge. Dans l'un et l'autre cas, les arrosages en excès sont nuisibles.

5° *Terres imperméables.* — Ces terres ne sont pas endommagées par les canaux et rigoles à plans d'eaux élevés. Mais les arrosages nombreux sont à redouter puisqu'ils donnent lieu à une élévation de l'eau souterraine artificielle.

Les différences de perméabilité des terres, que l'on constate pour ainsi dire à chaque pas en Égypte, après de sérieuses observations, trouvent leur explication dans les remarques que je fais ci-après :

Les diverses branches du Nil et les canaux naturels coulant au milieu des alluvions qu'ils déposent ont exhaussé leurs bords. Les dépôts contiennent des proportions d'argile d'autant plus grandes qu'on s'éloigne du lit de ces cours d'eau. Les divagations des branches du fleuve et des canaux ont été incessantes et relativement très rapides dans un sol aussi meuble que celui de l'Égypte cultivable. Pendant la formation des méandres, les parties convexes des boucles ont été recouvertes de matériaux lourds, à forte proportion de sable. Mais les parties ouvertes des boucles tendaient à se rapprocher et il arrivait un moment où les eaux se frayaient un chemin plus court vers la mer et abandonnaient peu à peu les méandres dans les boucles desquels les eaux de crues, de vitesses annuellement décroissantes, déposaient les matériaux plus légers, à proportion élevée d'argile.

Des déplacements des méandres sont résultées, en outre, des différences dans la composition physique des dépôts de surface, qui se sont effectués successivement dans les mêmes points.

Les îles, formées dans les bras du fleuve et dans les grands canaux naturels, se sont constamment déplacées vers l'aval et ont diversifié les conditions de perméabilité des terres plus tard émergées.

Les anciens bassins d'inondation de l'Égypte, dont l'origine remonte au moins aux premières dynasties historiques, ont joué aussi un rôle capital dans les différences de perméabilité du sol que l'on constate aujourd'hui. Les dépôts sableux tendaient à se former près des brèches des digues et les dépôts plus argileux se précipitaient loin de ces brèches. Ces digues et surtout les brèches sont loin d'être restées immuables au cours des millénaires qu'a duré le régime de submersion de crues.

Les sables transportés par les vents, les travaux de comblement et de déblaiement exécutés par l'homme au cours de ce long passé qu'embrasse l'histoire de l'Égypte ont joué aussi un *rôle important* suivant les lieux.

En résumé, l'Égypte est une immense mosaïque au point de vue de la perméabilité de son sol, bien qu'un examen superficiel semble montrer le contraire. Dans le nord du Delta, toutefois, les couches argileuses sont plus

plastiques et imperméables que dans le reste du pays et il n'y a pas communication entre les alluvions supérieures et les sables profonds, au moins dans le plus grand nombre de cas. Les terres de cette région, aujourd'hui désolées, ont été cultivées pendant les périodes ptolémaïque et romaine et, probablement, en des temps beaucoup plus reculés. Elles devinrent stériles durant les époques d'incurie qui suivirent la disparition de la civilisation antique, alors que les émissaires des anciens bassins d'inondation, à leur terminus dans les lacs côtiers, ne furent plus entretenus et que l'évaporation ramena à la surface les sels primitivement refoulés. La stérilité de ces terres est peut-être due aussi, pour une certaine part, à un léger affaissement des côtes d'Égypte, constaté par divers observateurs. Dans les hypogées gréco-romains d'Alexandrie, les galeries inférieures sont envahies par les eaux d'infiltration de la nappe souterraine naturelle du Nil et j'en ai déduit que l'affaissement de ce point n'avait pas été inférieur à $2^{m},30$ depuis l'Empire romain. Seuls, un développement considérable des moyens de drainage et l'emploi de machines d'élévation pour les eaux de colature permettront de remettre rapidement en culture les terres incultes du nord de la Basse-Égypte. Les travaux nécessaires à cet effet ont été entrepris depuis un an par le gouvernement égyptien. Quand de nouveaux réservoirs auront permis d'augmenter le volume des eaux d'étiage du Nil, il sera possible d'assécher les lacs côtiers et de mettre en culture les vastes superficies qu'ils occupent.

En ce qui concerne le sud, le centre de la Basse-Égypte, la Haute et la Moyenne-Égypte, le creusement de drains parallèlement aux canaux remédierait aux dommages causés par les canaux coulant à pleins bords. Mais le remède serait onéreux, vu le prix des terres de ces régions et l'unique utilité de ces drains aux terres à sous-sol plus ou moins imperméable. Mes préférences vont au régime des canaux coulant à des niveaux inférieurs à celui des terres desservies, les arrosages devant être pratiqués au moyen d'appareils élévatoires pendant la plus grande partie de l'année. Dans un pays comme l'Égypte, la dépense de fonctionnement des machines est généralement assez faible et le prix de la récolte d'été (cotonniers) très élevé. Le plus grand rendement des terres compense rapidement les frais de fonctionnement des machines élévatoires pour les arrosages.

PHYSIOLOGIE. — *Du volume total de suc gastrique sécrété pendant la digestion.* Note [1] de M. J. **Winter**, présentée par M. Armand Gautier.

Il n'existe actuellement, à ma connaissance, aucun moyen permettant d'évaluer la quantité de sécrétion gastrique produite pendant la digestion. L'étude expérimentale de cette question n'a fourni aucun renseignement utile sur ce point parce qu'on n'a examiné que des cas particuliers, étrangers à la vie courante, sans tenter aucune généralisation.

L'estomac sécrétant et évacuant d'une manière à peu près continue pendant l'évolution digestive, il est impossible de mesurer directement le suc gastrique éliminé. Mais, pour le fonctionnement et des repas comportant un liquide, l'évaluation en est facile quand le taux centésimal de la sécrétion du mélange alimentaire est connu. Soit x ce taux à un moment donné de la digestion; x va constamment en augmentant (de 0 à 1). Si E est le volume du liquide ingéré avec le repas et G la quantité de sécrétion formée depuis le début de la digestion jusqu'au point x, on a

$$G = E(e^x - 1) \text{ (2)}.$$

J'ai montré, en 1910 [3], que les valeurs de x se déduisent aisément des variations de la concentration du mélange; ces variations, liées au travail et à la vie même de l'estomac, constituent des quantités mensurables d'autant plus significatives que le repas est lui-même plus simple et plus homogène. [*Voir*, à ce sujet, mon Mémoire de 1907 sur la concentration [4].]

Appliquée à l'exploration de l'estomac, la *quantité totale* de suc gastrique présente un renseignement essentiel, seul capable de préciser l'*activité* sécrétoire de l'organe, et aussi son activité d'évacuation; celle-ci, en effet, ne saurait être appréciée judicieusement qu'en tenant compte du volume, parfois considérable, de sécrétion déversée dans le mélange en digestion, le volume s'ajoutant, par rapport à l'effort d'évacuation, à celui du liquide ingéré.

---

(1) Présentée dans la séance du 15 juillet 1913.

(2) Cette relation comporte quelques réserves à la limite ultime de la digestion.

(3) *Comptes rendus*, 11 juillet.

(4) *Bulletin de la Société philomathique de Paris.*

Cette application, toutefois, ne va pas sans soulever quelques difficultés pratiques sur lesquelles je me réserve de revenir ultérieurement.

Il existe un moyen plus général que le précédent pour déterminer G; il est basé sur la périodicité de certains phénomènes digestifs, mais s'adapte difficilement aux repas d'épreuve courants.

J'ajoute que le repas qui m'a servi pour effectuer ces déterminations est le repas de sucre, qui réalise, pour ce genre de recherches, des conditions quasi théoriques.

PHYSIOLOGIE. — *Différences apparentes d'actions polaires et localisation de l'excitation de fermeture dans la maladie de Thomsen.* Note [1] de MM. **G. Bourguignon** et **H. Laugier**, présentée par M. Dastre.

Les sujets atteints de maladie de Thomsen présentent dans les muscles malades une différence très nette dans la forme de la contraction obtenue par fermeture brusque d'un courant galvanique, suivant que l'électrode différenciée, placée au point moteur du muscle, est positive ou négative (excitation par la méthode dite *monopolaire*).

Lorsque l'électrode différenciée est *négative*, la contraction a un *début brusque*, suivi d'abord d'un léger relâchement, puis de la contraction prolongée caractéristique de la réaction myotonique. Lorsque cette même électrode est *positive*, le début brusque est supprimé, et le muscle entre *lentement* et *progressivement* en contraction. Ce fait, qui ressort nettement du graphique ci-joint (voir *fig.* 1), est depuis longtemps connu [2].

Ces différences de forme de la contraction ont été attribuées à une différence dans l'action excitante du pôle positif et du pôle négatif.

Or, conformément aux faits établis par Pflüger pour la méthode bipolaire, H. Cardot et H. Laugier [3] ont démontré que, dans la méthode monopolaire, il n'y a d'excitation de fermeture que par le pôle négatif.

Nous avons fait, sur deux sujets atteints de maladie de Thomsen, des expériences qui montrent que, l'excitation de fermeture naissant au pôle négatif, c'est à la localisation de l'excitation et non à des différences

---

(1) Présentée dans la séance du 7 juillet 1913.

(2) Huet, *Nouvelle iconographie de la Salpêtrière*, 1892.

(3) H. Cardot et H. Laugier, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 375; *Soc. Biol.*, 2 et 9 mars 1912; *Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, mai 1912.

d'action polaire qu'il faut rapporter les différences observées dans la forme de la contraction.

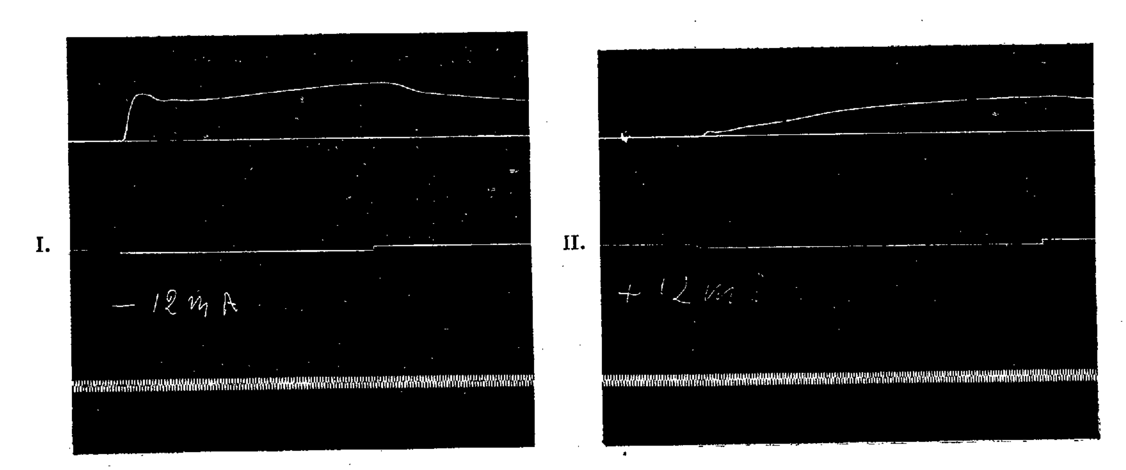


Fig. 1. — Excitation monopolaire du fléchisseur superficiel des doigts. Petite électrode au point moteur du muscle.

I. Négative.

Cette forme de la contraction est obtenue aussi lorsque la grande électrode, négative, est au point moteur, et la petite, positive, sur le tendon.

II. Positive.

Cette forme est obtenue aussi pour :
1° Petite électrode sur le tendon, négative ou positive.
2° Excitation bipolaire du muscle.

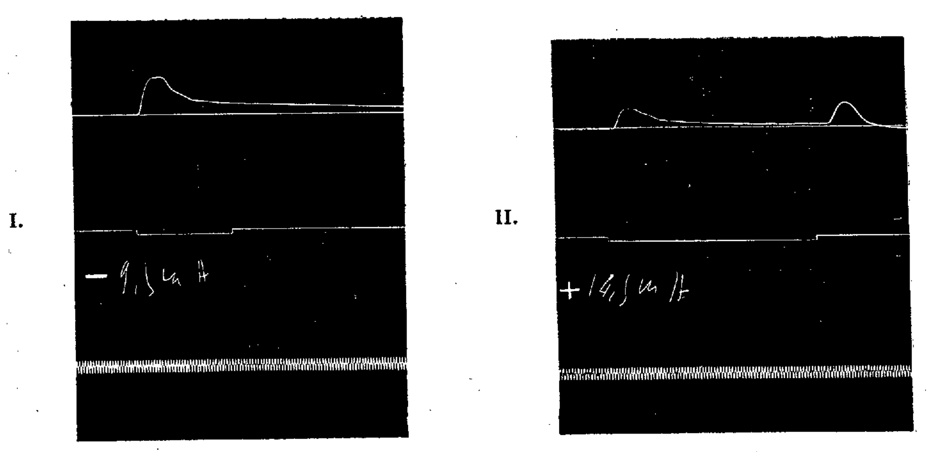


Fig. 2. — Même muscle. Excitation monopolaire du nerf.

I. Petite électrode négative. II. Petite électrode positive.

Même départ de la contraction par l'excitation bipolaire du nerf.

Nos expériences ont porté sur le biceps et sur le fléchisseur superficiel des doigts.

Après avoir constaté la différence de forme de la contraction, suivant que l'électrode de petite surface, placée au point moteur du muscle est négative ou positive, nous avons placé cette électrode, en dehors du point moteur, soit sur le tendon du muscle, soit sur la partie inférieure du muscle (procédé dit *d'excitation longitudinale*).

Dans ces conditions, *quel que soit le signe de l'électrode différenciée*, la forme de la contraction est *la même* : c'est celle qu'on obtenait lorsque cette électrode, placée au point moteur, était *positive*.

Remettant alors cette électrode au point moteur, nous faisons varier la situation de l'électrode de large surface. Quelle qu'en soit la place, nous obtenons toujours le même résultat que dans la disposition classique (voir *fig.* 1).

Mais si l'on place l'électrode de large surface au point moteur du muscle et l'électrode de petite surface sur le tendon, on obtient la contraction à *départ brusque* lorsque l'électrode de petite surface est *positive*, et la contraction à *départ lent* lorsque l'électrode de petite surface est *négative* : c'est le contraire de ce qu'on obtient lorsque l'électrode de petite surface est au point moteur.

La forme de la contraction est donc bien indépendante des actions polaires, puisqu'on peut obtenir l'une ou l'autre forme de la contraction, quel que soit le signe de l'électrode de petite surface. Mais elle est nettement liée à la localisation de l'excitation.

Le départ brusque, en effet, s'obtient seulement lorsque l'électrode négative, que ce soit la grande ou la petite électrode, est placée au point moteur, point où l'on excite *surtout le nerf*.

Le départ lent et progressif s'obtient au contraire lorsque le pôle négatif agit directement sur les *fibres musculaires*.

Cette distinction s'effectue d'une façon particulièrement facile sur les tissus pathologiques ([1]).

La confirmation de notre interprétation nous est donnée par l'excitation monopolaire du nerf (voir *fig.* 2) et par l'excitation bipolaire localisée soit sur le nerf, soit sur le muscle.

Dans l'excitation monopolaire du nerf, la contraction myotonique s'obtient très difficilement et manque même très souvent. Mais toujours, *quel que soit le signe de l'électrode différenciée*, le départ de la contraction est *brusque*.

([1]) H. Cardot, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1912, p. 55 et suiv.

Avec l'excitation bipolaire sur le nerf (deux petites électrodes égales placées sur le nerf), que le courant soit ascendant ou descendant, le résultat est le même : le départ de la contraction est brusque.

Au contraire, en plaçant deux petites électrodes égales sur le muscle, l'une à sa partie inférieure, l'autre à sa partie supérieure, toutes deux aussi loin que possible du point moteur, la contraction a un départ lent et progressif, avec forte contraction myotonique, quel que soit le sens du courant.

De ces expériences nous pouvons donc conclure : la forme de la contraction n'est pas liée à une action spéciale de chaque pôle, mais à la localisation de l'excitation.

Le départ brusque n'est obtenu que lorsqu'il y a excitation du nerf.

Le départ lent et progressif n'est obtenu que lorsqu'il y a excitation directe du muscle.

Dans tous les cas l'excitation ne prend naissance qu'au pôle négatif, soit à l'électrode différenciée, soit à l'électrode diffuse, conformément aux résultats de H. Cardot et H. Laugier.

CHIRURGIE. — *Nouveau procédé de découverte des corps étrangers.* Note de M. **Miramond de Laroquette**, présentée par M. Léon Labbé.

L'auteur s'est proposé un *double but :*

1° Déterminer par la radiographie la situation exacte des corps étrangers dans les tissus;

2° Guider matériellement la découverte chirurgicale de ces corps étrangers au moyen d'un conducteur qui donne, à tout moment de l'acte opératoire, la direction à suivre et la profondeur à atteindre.

Le *principe* de la méthode est de projeter sur le cliché, sous deux positions différentes de l'ampoule, une double image des corps étrangers et l'image d'un repère métallique horizontal en forme de croix, dont les branches graduées en centimètres embrassent dans un de leurs secteurs l'image du corps étranger.

Les données du cliché sont reportées sur un graphique quadrillé destiné à figurer la situation horizontale et verticale de l'objet par rapport au repère, et le tracé des rayons donnant sur la plaque les deux images de cet objet.

Le repère métallique dont l'emplacement a été marqué sur la peau sert

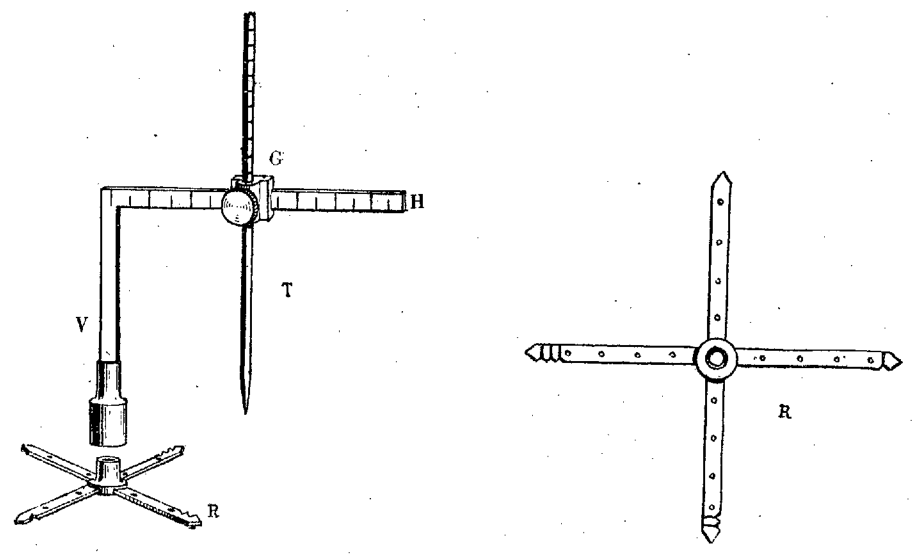
ensuite de base à un compas qui, pendant l'intervention, s'applique sur la région et indique la situation du corps étranger.

L'appareillage comprend :

1° *Une installation radiographique* quelconque avec support permettant des déplacements exactement mesurés de l'ampoule;

2° *Le repère métallique*, en forme de croix, dont les branches sont dentées ou percées de trous de centimètre en centimètre;

3° *Le compas localisateur* qui est une règle métallique coudée à angle droit portant une tige verticale mobile. Le pied du compas s'adapte au centre du repère qui lui sert de base et sur lequel il pivote à frottement dur. La tige verticale indicatrice graduée en centimètres se déplace au moyen d'une glissière sur la branche horizontale



Compas localisateur. Repère radiographique.
R, repère, base du compas; H, branche horizontale; V, br. verticale; T, tige indicatrice; G, glissière.

du compas et peut, d'autre part, être montée ou descendue dans une coulisse cylindrique. La règle peut ainsi se porter sur un rayon quelconque de l'un des secteurs du repère, et la tige indicatrice peut venir se placer sur la région anatomique repérée sur le point correspondant au corps étranger;

4° *Le graphique* quadrillé sur lequel doivent être reportées les données du cliché. Ce graphique qui est imprimé et sert dans tous les cas porte trois lignes principales : une horizontale inférieure figurant le cliché, une horizontale supérieure figurant le plan de l'ampoule (anticathode) et une verticale médiane qui représente la normale tombée de l'ampoule dans sa position I, et qui correspond à la branche antéropostérieure du repère. L'intervalle des deux côtés est quadrillé en centimètres. La partie supérieure (rosace) sert à figurer la localisation horizontale entre les branches

du repère. La partie inférieure sert à figurer la localisation en hauteur et le tracé des rayons qui ont donné sur la plaque sous les deux positions de l'ampoule les deux images du corps étranger.

La *technique* comprend deux épreuves radiographiques sur un même cliché : pour la première, l'ampoule est placée à une hauteur donnée juste au-dessus du centre du repère. On a ainsi sur le cliché une image de repère projetée normalement, sans déviation, et une première image du corps étranger. Pour la deuxième épreuve qui est prise aussitôt après, le repère métallique peut être enlevé et l'ampoule est déplacée latéralement, d'une distance donnée, parallèlement à l'une des branches transversales du repère. On a ainsi sur le cliché une deuxième image de l'objet, située à côté de la première, dans le sens opposé au déplacement de l'ampoule.

Les distances qui séparent des branches du repère la première image du corps étranger, distances mesurées par les divisions centimétriques de ces branches, sont reportées sur la partie supérieure du graphique dans le secteur correspondant; le corps se trouve ainsi repéré dans un plan horizontal étroit et bien délimité.

Les distances qui séparent les deux images du corps de l'image de la branche frontale du repère, distances mesurées au décimètre et pour des points homologues, sont reportées sur la ligne inférieure du graphique par rapport à la verticale médiane. Les points qui figurent les deux images du corps sur l'horizontale inférieure sont reliés par des lignes droites aux points qui sur l'horizontale supérieure figurent les deux positions de l'ampoule; le point d'entre-croisement de ces lignes donne le niveau du corps étranger au-dessus de la plaque, et par conséquent sa profondeur dans les tissus relativement au repère dont on a noté sur le graphique la hauteur au-dessus du cliché.

La localisation étant ainsi exactement précisée, et le moment de l'opération étant venu, le compas est mis au point par superposition sur la partie supérieure du graphique, puis reporté autant de fois qu'il est utile sur la région anatomique, sa base étant appliquée sur les lignes primitivement repérées. La pointe de la tige indicatrice vient se placer sur un point de la peau qui est exactement situé au-dessus du corps étranger et qui sera le centre d'incision.

Au cours de l'opération, la profondeur de l'objet et le niveau atteint par l'incision sont d'autre part mesurés par la tige indicatrice graduée qu'on fait descendre de la longueur voulue dans sa coulisse verticale.

Ce procédé est simple, de technique facile et de rapide exécution. Il permet de déterminer et de repérer en moins de 1 heure la situation exacte du corps étranger, et d'intervenir aussitôt, ce qui est important en raison des déplacements que subissent parfois avec le temps les corps étrangers dans les tissus. L'appareillage est réduit au minimum. Le graphique imprimé et qui sert dans tous les cas simplifie beaucoup l'interprétation du cliché et permet une mise au point instantanée du compas.

Le repérage par deux lignes croisées qui peuvent être prolongées loin au delà de la zone d'opération évite toute erreur de situation du compas

qui pourrait résulter du déplacement et de l'écartement des tissus par l'incision.

L'exactitude de ce procédé a été démontrée par une série d'expériences et de cas cliniques dans lesquels ont été localisés et découverts exactement au point déterminé des projectiles divers, des aiguilles, profondément situés dans la main, le pied, la cuisse, le mollet, etc.

Ces projectiles et ces aiguilles ont été extraits à l'hôpital civil et à l'hôpital militaire d'Alger par M. le professeur Curtillet, par MM. les Drs Cochez, Ferrari et par le médecin-major Berchet.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identité entre la présure, la caséase et la trypsine d'un même latex. Existence de deux types de ferments protéolytiques végétaux.* Note de M. **Gerber**, présentée par M. L. Guignard.

Il résulte des recherches que nous poursuivons depuis plusieurs années (1) qu'un grand nombre de latex agissent sur la caséine qu'ils coagulent (présure) et digèrent (caséase), et sur la fibrine qu'ils solubilisent en milieu alcalin neutre, légèrement acide et transforment en acides aminés (trypsine).

Ces trois ferments que nous avons pu séparer du caoutchouc, de la cire, de la résine, etc., des latex, sous forme de poudres ou de paillettes très actives, appelées *pancréatines végétales* parce qu'elles contiennent, en outre, une amylase et une lipase, possèdent un grand nombres de caractères communs. C'est ainsi que la présure, la caséase et la trypsine provenant d'un même latex présentent le même degré de résistance à la chaleur et que leurs actions diastasiques sont influencées de la même façon par certains électrolytes et par certaines substances accompagnant les corps sur lesquels ils agissent. C'est ainsi, également, que ces actions diastasiques obéissent aux mêmes lois des masses, du temps, de la température, et que leurs variations d'intensité, saisonnières pour une même plante ou individuelles pour une même époque, sont rigoureusement parallèles. Aussi est-il difficile de ne pas admettre l'identité des trois ferments. Nous insisterons

(1) *Bull. Soc. Bot. Fr.* : Session des Pyrénées, 1907; Mémoires, 1912; Session du Vercors, 1912; Session du Cantal, 1913. — *Congrès Soc. sav.* : Rennes, 1909; Caen, 1911; Grenoble, 1913. — *Congrès Ass. Fr. Av. Sc.* : Reims, 1907; Clermont, 1908; Nîmes, 1912; Tunis, 1913. — *Comptes rendus* : 1907 à 1913; *Réunion biol., Marseille* et *C. R. Soc. Biol.*, 1907 à 1913. — *Thèse doctorat Médecine*, H. Guiol, Montpellier, 1913.

ici sur les trois premiers caractères communs, étant donné leur importance pour la classification de ces diastases, et nous prendrons comme types les pancréatines des latex de *Ficus Carica* et de *Broussonetia papyrifera*.

a. Résistance à la chaleur. — Il a suffi, dans une première série de nos expériences, de porter préalablement à 60° (*Ficus*) et il a fallu atteindre 75° (*Broussonetia*) pour rendre, au bout de 30 minutes de chauffe, la présure, la caséase et la trypsine de ces deux pancréatines deux fois moins actives. Pour faire devenir ces trois diastases huit fois moins actives au bout du même temps de chauffe, les températures exigées ont été de 70° (*Ficus*) et 80° (*Broussonetia*). Enfin, pour leur faire perdre tout caractère diastasique, il a suffi de 5 minutes de chauffe à 80° (*Ficus*) et il a fallu 30 minutes à 90° (*Broussonetia*). Les ferments du latex de *Ficus* sont donc beaucoup plus thermolabiles que ceux du *Broussonetia*.

b. Action du bichlorure de mercure, de l'iode et de l'eau oxygénée. — Les sels neutres d'argent, de cadmium, de zinc, de cuivre, de mercure, d'or, de platine, etc., les halogènes et l'eau oxygénée, même à doses minimes, retardent considérablement ou empêchent l'action de la présure, de la caséase et de la trypsine de *Ficus*, alors que, même à doses moyennes et parfois élevées, ils contrarient à peine ou pas du tout celle de *Broussonetia*. C'est ainsi qu'il a suffi, dans une seconde série de nos expériences, de 0,16 mol-mg $HgCl^2$, de 1,5 mol-mg de Io^2 ou de 0^{cm^3},16 d'eau oxygénée neutre à 100^{vol} (perhydrol Merck), par litre de liquide à coaguler ou à digérer, pour rendre nulle toute mise en liberté d'acides aminés dans la fibrine et dans le lait, et pour s'opposer à toute coagulation de ce dernier liquide par la pancréatine de *Ficus*, alors que ces mêmes doses ($HgCl^2$, Io^2) ou une dose quarante fois plus élevée (H^2O^2) a été sans action sur la digestion ou la coagulation de ces substances par la pancréatine de *Broussonetia*. Les pancréatines ou latex de *Ficus coronata*, de *Vasconcellea quercifolia*, de *Carica Papaya* (papayotine Merck), de *Calotropis procera*, etc., se comportent comme la pancréatine de *Ficus Carica;* au contraire, ceux de *Morus nigra*, *Morus alba*, *Maclura aurantiaca*, *Euphorbia Lathyris*, *Euphorbia Characias*, etc., comme la pancréatine de *Broussonetia papyrifera*.

c. Action de la lactalbumine et de la lactoglobuline. — La présure et la caséase de la pancréatine de *Ficus Carica* coagulent et digèrent très bien le lait bouilli, mais sont inactives (sauf à doses massives), sur le lait cru, tandis que les deux diastases correspondantes de *Broussonetia* coagulent et digèrent très bien ce dernier liquide. Les causes de la non-coagulabilité et de la non-digestibilité du lait cru par la pancréatine de *Ficus* sont la lactoglobuline et la lactalbumine qui forment, avec la caséine, dans le lait cru, un complexe semblable à celui formé par les électrolytes précédents (sels de mercure, de cuivre, etc.). Ces complexes, beaucoup plus résistants aux deux diastases que la caséine seule sont détruits : par élimination du sel métallique (dialyse) ou par coagulation par la chaleur (lactalbumine et lactoglobuline). D'où les deux chutes successives, dans la résistance à la présure et à la caséase de *Ficus Carica*, du lait cru chauffé à des températures croissantes, que nous avons constatées dans une troisième série d'expériences : l'une, faible, entre 67° et 75°, correspondant à la coagulation de la lactoglobuline; l'autre, forte, à 77°-78°, correspondant à la coagulation de

la lactalbumine. Les pancréatines ou latex de *Ficus coronata, Vasconcellea quercifolia, Carica Papaya, Calotropis procera,* etc., se comportent comme la pancréatine du latex de *Ficus Carica;* et ceux de *Morus nigra, Morus alba, Maclura aurantiaca, Euphorbia Lathyris, Euphorbia Characias,* etc., comme la pancréatine de *Broussonetia papyrifera.*

De l'ensemble de nos recherches et des faits exposés ci-dessus, découlent les conclusions suivantes :

1° *Présure, caséase et trypsine d'un même latex ne sont que trois aspects différents ou successifs d'une même diastase, coagulant le lait et poussant l'hydrolyse de la caséine et de la fibrine jusqu'à la formation des acides aminés. Ainsi se trouvent étendues aux ferments protéolytiques végétaux, et consolidées en même temps, les conceptions unitaires de Nencki et Sieber, de Pawlow et Paratschuk, de Savojalow, de Gewinn, de Sawitsch, de Vernon, etc., concernant les présures, caséases, pepsines ou trypsines animales. Il existe bien des caractères séparant nos trois actions protéolytiques des latex et provenant de différences dans l'action des sels calcifiants et décalcifiants, des acides et des bases, en particulier sur la coagulation et la digestion diastasique du lait; mais ces différences sont uniquement dues au rôle précipitant (calcifiants, acides) ou solubilisant (décalcifiants, bases) des composés ci-dessus vis-à-vis d'un des premiers produits de désintégration de la caséine par le ferment protéolytique unique de nos latex.*

2° *Les ferments protéolytiques des latex appartiennent à deux groupes. L'un a pour type la diastase protéolytique de* Ficus Carica *L., qui ne coagule ni ne digère le lait cru pur et ne digère pas la caséine et la fibrine en présence de traces de sels neutres d'argent, de cuivre, de mercure, d'or, de platine, etc.; de chlore, de brome, d'iode; d'eau oxygénée. L'autre a pour type la diastase protéolytique de* Broussonetia papyrifera *L., qui coagule et digère le lait cru pur et digère la caséine et la fibrine, presque aussi bien en présence non seulement de traces, mais encore de doses assez élevées des composés et éléments précédents qu'en leur absence.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les substances protéiques de la levure et leurs produits d'hydrolyse.* Note de M. **Pierre Thomas** et M[me] **Sophie Kolodziejska**, présentée par M. E. Roux.

L'un de nous a décrit récemment (1) les propriétés de deux nouvelles substances protéiques extraites de la levure, la première paraissant appar-

(1) P. Thomas, *Comptes rendus*, t. 156, 30 juin 1913, p. 2024.

tenir au groupe de la caséine par l'ensemble de ses propriétés, la seconde se rangeant à côté des albumines végétales. Afin d'étudier la constitution de ces substances et particulièrement la répartition de l'azote dans leur molécule, nous les avons soumises à l'hydrolyse acide; nous nous proposons d'indiquer dès à présent les premiers résultats obtenus.

Nous avons utilisé la méthode de Hausmann (¹) convenablement modifiée, en faisant bouillir pendant 8 heures, au réfrigérant ascendant, 1g de substance, préalablement séchée à 110° jusqu'à poids constant, avec 20$^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique concentré. Le liquide étendu et neutralisé par la magnésie a été distillé avec un léger excès de magnésie, afin de déplacer l'ammoniaque, qui était titrée au fur et à mesure de son dégagement.

Le résidu, acidulé par l'acide chlorhydrique, était concentré au bain-marie; on le débarrassait alors par filtration des matières insolubles dans lesquelles un dosage donnait directement l'azote humique. Le liquide limpide et les eaux de lavage, amenés à 100$^{cm^3}$, étaient additionnés de 5 pour 100 d'acide sulfurique et précipités par une solution, en léger excès, d'acide phosphotungstique à 10 pour 100 dans l'acide sulfurique à 5 pour 100. Après 24 heures, on filtrait et l'on dosait dans le précipité essoré et lavé l'azote basique, attribuable surtout aux acides diaminés.

L'opération faite dans ces conditions donne des résultats assez comparables, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte en faisant deux déterminations successives. Voici les chiffres trouvés avec le protéide de levure (en pour 100 de l'azote total) :

	I.	II.
Azote ammoniacal	6,86	6,89
» humique	4,02	2,54
» basique ou diaminé	26,67	26,03
» monoaminé	60,39	60,33

Il est intéressant de rapprocher de ces chiffres ceux qui ont été déterminés par Osborne (²) pour la caséine, à l'aide d'une méthode semblable. Ce savant trouve 10,3 pour l'azote ammoniacal, 22,4 pour l'azote basique, 66,0 pour l'azote monoaminé (en pour 100 de l'azote total). La différence porte surtout sur l'ammoniaque, qui est produite en plus grande quantité dans l'hydrolyse de la caséine.

Avec l'albumine de levure ou cérévisine, nous avons obtenu les résultats suivants, qui sont mis en parallèle avec les valeurs correspondantes obtenues par Osborne pour une albumine végétale, la léguméline :

(¹) *Zeits. physiol. Chemie*, t. XXVII, 1899, p. 95 et t. XXIX, 1900, p. 136.

(²) Osborne, *The vegetable Proteins*, London, 1909, p. 57.

Pour 100 de l'azote total.	Cérévisine.	Léguméline.
Azote ammoniacal	5,89	6,4
» humique	1,69	»
» basique ou diaminé	23,69	23,9
» monoaminé	67,03	67,9

Il est curieux de constater la remarquable concordance de ces chiffres, relatifs à des substances d'origine bien différente, mais appartenant toutes deux au groupe encore très restreint des albumines végétales typiques, solubles dans l'eau, coagulables par la chaleur, etc.

Nous avons également soumis les substances protéiques de la levure à l'hydrolyse par l'acide sulfurique, dans le but d'y doser les bases hexoniques, histidine, arginine et lysine.

La recherche a été faite en suivant exactement les données de Kossel et Kutscher (1); la séparation de l'histidine argentique étant réalisée à l'aide de la modification due à Kossel et Pringle (2). Les dosages effectués ont permis de calculer la répartition de l'azote, qu'il est intéressant de comparer avec celle qui est donnée plus haut; on peut ainsi se rendre compte de l'influence du mode expérimental employé.

Nous nous contenterons pour l'instant de donner les valeurs déduites des dosages d'azote, excepté pour la lysine, avec laquelle on obtient toujours des valeurs trop élevées, en raison de la phénylalanine qui l'accompagne dans les précipitations.

Voici les résultats obtenus :

	Protéide.		Cérévisine.	
	Pour 100 de substance.	Pour 100 de l'azote total.	Pour 100 de substance.	Pour 100 de l'azote total.
Azote ammoniacal	»	3,97	»	3,43
» humide (précipité avec SO^4Ba)	»	9,26	»	6,22
» du précipité argentique renfermant l'arginine et l'histidine	»	25,78	»	18,78
» du précipité phosphotungstique	»	12,62	»	14,32
» des acides monoaminés	»	43,82	»	52,12
Total		95,45		94,87
Histine	2,63	4,68	2,02	3,39
Arginine	3,58	7,56	3,95	7,91
Lysine (sous forme de picrate)	4,09	5,14	7,14	8,50
Total de l'azote basique		17,38		19,80

Les chiffres que nous donnons pour la lysine ne doivent pas être consi-

(1) *Zeits. physiol. Chemie*, t. XXXI, 1900, p. 165.
(2) *Ibid.*, t. XLIX, 1906, p. 318.

dérés comme définitifs; ils nous paraissent en effet susceptibles de varier, dans une assez large mesure, avec les conditions de l'hydrolyse. Néanmoins, comme ils représentent certainement des minima, ils suffisent déjà à montrer que la cérévisine est l'une des substances protéiques les plus riches en lysine qui soient connues actuellement. Ce caractère la distingue encore de la plupart des protéines végétales.

La discussion complète de nos résultats expérimentaux ne pourra trouver place qu'après la conclusion des recherches encore en cours sur la répartition des acides monoaminés dans la molécule des substances étudiées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — Sterigmatocystis nigra *et lactose*. Note de M. H. **Bierry** et Mlle F. **Coupin**, présentée par M. A. Dastre.

Les expériences qui montrent nettement l'influence de la nature chimique de l'aliment sur les sécrétions diastasiques sont fort peu nombreuses. Duclaux en particulier, qui a posé la question, a signalé le cas d'un champignon l'*Aspergillus glaucus* qui sécrète seulement la diastase dont il a un besoin immédiat : cultivé dans un liquide renfermant du lactate de chaux, un sel d'ammonium et des sels minéraux, cet *Aspergillus* ne sécrète ni présure, ni caséase, ni sucrase, mais seulement une amylase. La sucrase apparaît, et l'amylase au contraire fait défaut quand cet *Aspergillus* pousse sur une solution sucrée.

La question de l'adaptation a été posée aussi pour le *Sterigmatocystis nigra* (*Aspergillus niger* V. Th.). Cultivé sur liquide Raulin normal où le seul aliment hydrocarboné est le sucre de canne il n'en sécrète pas moins une grande diversité de diastases hydrolysantes capables d'attaquer non seulement le saccharose, mais le maltose, le raffinose et l'inuline. Cependant le liquide de macération fourni par *Sterigmatocystis nigra* reste sans action sur le sucre de lait. D'après Pottevin (1) quand on emploie au contraire l'artifice imaginé par Duclaux, c'est-à-dire si l'on remplace sous une culture florissante de *Sterigmatocystis nigra* le liquide nourricier de Raulin par une solution de lactose additionnée de sels, on obtient par simple macération dans l'eau chloroformée une solution qui cette fois est active sur le lactose. Les recherches de Pottevin reprises par Brachin (2) n'ont pas été confirmées sur ce point.

(1) Pottevin, *Ann. Inst. Pasteur*, t. XVII, 1903, p. 46.
(2) A. Brachin, *Recherches sur la lactase* : Thèse de Pharmacie, Paris, 1904.

Nous avons refait à ce sujet un très grand nombre d'expériences dont le détail paraîtra ailleurs : dans certaines de ces expériences, *Sterigmatocystis nigra* était cultivé pendant 3 jours sur milieu Raulin ordinaire, puis pendant 3, 5 ou même 6 jours sur un liquide Raulin dans lequel le sucre de lait remplaçait le saccharose; dans d'autres, *Sterigmatocystis nigra* était placé sur milieu Raulin lactosé après un passage de 3 jours sur milieu Raulin ordinaire, puis de 6 jours sur liquide Raulin sans hydrates de carbone. Dans d'autres enfin, le mycélium du champignon sortant du milieu Raulin ordinaire était préalablement lavé à l'eau distillée ou au liquide Raulin non sucré avant d'être replacé sur liquide Raulin lactosé. Dans tous les cas avec la macération du mycélium broyé (lavé ou non à l'eau distillée) dans l'eau chloroformée ou additionnée de toluol on faisait quatre parts :

1° Un extrait simple;
2° Un extrait simple bouilli;
3° Un extrait + lactose;
4° Un extrait bouilli + lactose.

On laissait ensuite à l'étuve à 38° pendant 4, 5 et même 8 jours. Pour la technique utilisée pour caractériser le dédoublement du lactose nous renvoyons au travail de l'un de nous (1).

Sterigmatocystis nigra, ensemencé directement sur un liquide Raulin dans lequel le sucre de lait a remplacé le sucre de canne, se développe très peu; transporté au contraire sur ce même liquide après passage sur milieu Raulin ordinaire il consomme le lactose et augmente de poids.

Dans les macérations de mycélium broyé avec du sable, on ne peut mettre en évidence la présence de lactase. Toutefois, en soumettant le mycélium du champignon (il s'agit bien entendu de *Sterigmatocystis* qui a été cultivé d'abord sur Raulin ordinaire, et qui avant d'être placé sur milieu Raulin lactosé a été laissé sur liquide Raulin dépourvu d'hydrate de carbone un temps suffisant pour que tout le sucre contenu dans le mycélium ait été effectivement consommé) à la dialyse chloroformique, il est possible de caractériser les produits de dédoublement du lactose. Ces faits montrent que la lactase est endocellulaire, qu'elle ne passe pas, ou qu'elle passe en quantité trop faible pour être décelée, dans l'eau où l'on fait macérer le mycélium broyé.

---

(1) *Recherches sur les diastases qui concourent à la digestion des hydrates de carbone*, Paris, 1911.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Rapport *de la Commission chargée de proposer pour l'année* 1913 *la répartition du* Fonds Bonaparte.

(Cette Commission, qui comprend le Prince Roland Bonaparte comme membre de droit, se compose cette année de MM. Guyon, président de l'Académie, G. Lippmann, Émile Picard, Armand Gautier, E. Perrier, L. Guignard, Adolphe Carnot; P. Villard, rapporteur.)

La Commission nommée par l'Académie a eu à examiner soixante-trois demandes : elle en a retenu seulement vingt et une, dont un certain nombre ont, en outre, dû être réduites afin de ne pas dépasser le chiffre, cependant fort élevé, de la subvention mise à la disposition de l'Académie par la générosité de notre Confrère.

La somme disponible comprend une annuité de 50000 francs, et une réserve de 9000 francs provenant de la répartition faite en 1912, soit un total de 59000 francs. Sur ce total la Commission vous propose de prélever une somme de 55000 francs qui serait répartie de la manière suivante :

1° 3000fr à M. H. **Caillol**, pour l'achèvement de son Ouvrage intitulé : *Catalogue des coléoptères de Provence*. Cet Ouvrage, qui comportera trois Volumes de 500 pages environ, dont un déjà paru, renfermera l'étude de plus de 6000 espèces de coléoptères et constituera, en même temps qu'un inventaire, une véritable histoire naturelle des coléoptères de la région provençale.

2° 2000fr à M. A. **Colson**, qui poursuit depuis plusieurs années d'intéressantes recherches concernant la vérification ou la critique des théories et lois de la Chimie physique. Une série de mesures sur la dissociation du peroxyde d'azote vient d'être publiée, mais d'autres essais, sur d'autres points, restent en suspens faute des ressources indispensables.

3° 2000^{fr} à M. E. **Coquidé**, qui se propose d'étudier les moyens de mettre en valeur, au point de vue agricole, les terrains tourbeux du nord de la France. Cette étude nécessite non seulement la location ou l'achat d'un champ d'expériences, mais aussi l'exécution d'importants travaux de défrichement, asséchement, etc., du sol.

4° 2000^{fr} à M. C. **Schlegel**, pour lui permettre de continuer les recherches qu'il poursuit au laboratoire de M. Delage sur le développement des crustacés Brachyoures, recherches au sujet desquelles une subvention lui avait été déjà accordée en 1912.

5° 2000^{fr} à M. **Jules Welsch** à titre de renouvellement d'une subvention qu'il a fort utilement consacrée à une exploration géologique de la côte ouest de la France et du littoral de la Grande-Bretagne. Au cours de ces voyages M. Welsch a recueilli une ample moisson d'intéressants résultats, mais il reste beaucoup à voir et surtout il serait nécessaire d'étendre cette étude jusqu'à la Belgique et la Scandinavie.

6° 6000^{fr}, en deux parts égales, à MM. **Pitard** et **Pallary**, membres de la Mission scientifique organisée au Maroc par la Société de Géographie, et qui l'année dernière avait bénéficié d'une subvention de 12000^{fr} sur la fondation Bonaparte.

L'intérêt et l'opportunité de cette mission ne paraît pas discutable et la Commission propose le renouvellement de la subvention, en la réduisant toutefois à 6000^{fr} en raison de ce fait que deux seulement des quatre explorateurs de 1912 continueront cette année l'œuvre précédemment commencée.

7° 2000^{fr} à M. **Louis Roule**, pour lui permettre de continuer et d'étendre ses recherches sur la morphologie et la biologie du Saumon en France. L'intérêt de ces recherches est double : elles préciseront les conditions essentielles d'une migration très importante, et fourniront une base sérieuse pour l'établissement des mesures destinées à protéger une espèce précieuse qui constituait jadis la richesse de nombreux cours d'eau.

8° 2000^{fr} à M. **Pougnet**, pour continuer ses recherches sur les actions chimiques et biologiques des rayons ultraviolets, et, en particulier, pour la construction d'un appareil en quartz destiné à étudier l'action des rayons ultraviolets sur les corps gazeux.

9° 2000fr à M. **Dauzère**, dont les travaux sur les tourbillons cellulaires de Bénard se sont montrés jusqu'à ce jour si fertiles en résultats inattendus et en conclusions intéressantes.

10° 2000fr à M. **Gard**, pour la publication d'un travail et d'un Atlas sur les hybrides de Cistes obtenus par notre regretté confrère Bornet, qui lui a légué tous ses documents, registres, cahiers d'expériences et photographies. Cette publication ferait connaître et compléterait une partie importante de l'œuvre de notre confrère.

11° 4000fr à M. **Chevalier**, pour faire face aux dépenses nécessitées par le classement des matériaux botaniques recueillis au cours de ses voyages en Afrique occidentale et équatoriale, et la publication de Mémoires sur la flore de ces régions.

12° 2000fr à M. **Paul Becquerel**, pour continuer ses recherches physiologiques relatives à l'influence des substances radioactives et de leur rayonnement sur la nutrition, la reproduction, et la variation de quelques espèces végétales.

13° 4000fr à M. **Le Morvan**. Cette subvention assurerait l'achèvement de l'*Atlas photographique de la Lune*, dont jusqu'à ce jour deux fascicules seulement ont pu être publiés. Cet Ouvrage, composé à l'aide de documents inédits, compléterait fort heureusement le grand Atlas, moins accessible, publié par l'Observatoire de Paris, et présenterait un progrès considérable sur tout ce qui a été fait sur le même sujet à l'étranger.

14° 2000fr à M. **Pellegrin** pour l'aider à poursuivre ses recherches et à publier ses travaux sur les poissons d'Afrique, et plus particulièrement ceux des colonies françaises.

15° 3000fr à M. **Rengade**, qui se propose d'entreprendre des recherches systématiques sur la présence et la répartition des métaux alcalins rares dans les eaux minérales. Les travaux de nos confrères, M. A. Gautier et M. Moureu, permettent de supposer qu'une étude de ce genre pourrait conduire à la découverte de relations intéressantes entre ces éléments et d'autres corps, tels, par exemple, que les gaz rares.

16° 3000fr à M. **Alluaud**, dans le but de faciliter l'étude et la publication des importants documents recueillis par M. Jeannel et par lui sur la flore et la faune alpines des hautes régions montagneuses de l'Afrique orientale.

17° 2000fr à M. **Lormand**, pour l'acquisition d'une quantité de bromure de radium suffisante pour entreprendre des recherches méthodiques sur l'action de la radioactivité sur le développement des plantes.

18° 2000fr à M. **A. Labbé**. Cette subvention serait destinée à des recherches sur les modifications présentées par divers animaux au passage de l'eau douce à l'eau salée et sursalée, ou inversement.

19° 3000fr à M. **de Gironcourt**, pour la mise en valeur et la publication des résultats scientifiques de ses missions. Après un voyage au Maroc, où il faillit périr victime de la cruauté des habitants, M. de Gironcourt a effectué, de 1908 à 1912, d'importants voyages d'exploration en Afrique occidentale, d'où il a rapporté de nombreux documents concernant la géographie, l'anthropologie, l'archéologie, l'hydrologie, la botanique et l'agronomie. Un évident intérêt s'attache à la publication de ces documents.

20° 3000fr à M. **Legendre** pour publier les cartes et documents de ses voyages et missions en Chine. Cette publication comprendrait deux cartes, topographique et géologique, trois Volumes relatifs à la géographie, la géologie, la faune et la flore, l'agriculture, l'ethnographie, le commerce, etc., et un grand nombre de photographies.

21° 2000fr à M. **H. Abraham** qui se propose de déterminer, avec le concours du commandant Ferrié et de M. A. Dufour, la vitesse de propagation des ondes hertziennes entre Paris et Toulon. La méthode imaginée par M. Abraham consiste dans l'échange de signaux enregistrés à la fois au départ et à l'arrivée par un galvanomètre nouveau qui permet de préciser à $\frac{1}{40000}$ de seconde près l'instant du passage d'un train d'ondes.

Le Tableau suivant résume ces propositions :

			fr
	1.	M. Caillol	3 000
	2.	M. Colson	2 000
	3.	M. Coquidé	2 000
	4.	M. Schlegel	2 000
	5.	M. Welsch	2 000
Mission scientifique du Maroc.	6.	M. Pitard	3 000
		M. Pallary	3 000
	7.	M. Roule	2 000
	8.	M. Pougnet	2 000
	9.	M. Dauzère	2 000
	10.	M. Gard	2 000
	11.	M. Chevalier	4 000
	12.	M. Paul Becquerel	2 000
	13.	M. Le Morvan	4 000
	14.	M. Pellegrin	2 000
	15.	M. Rengade	3 000
	16.	M. Alluaud	3 000
	17.	M. Lormand	2 000
	18.	M. A. Labbé	2 000
	19.	M. de Gironcourt	3 000
	20.	M. Legendre	3 000
	21.	M. H. Abraham	2 000
		Total	55 000
		Lesquels joints à la réserve	4 000
		fournissent le total général	59 000

montant de la somme libéralement mise à la disposition de l'Académie par notre Confrère.

M. Guyon, président de l'Académie, se faisant l'interprète des sentiments de l'unanimité de ses Confrères, adresse de nouveaux et bien vifs remercîments au Prince Bonaparte dont la libéralité permet aux chercheurs et aux savants d'entreprendre et de poursuivre des travaux qu'ils ne pourraient réaliser sans l'appui qu'il leur fournit si généreusement.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'étude des radiations de l'azote.* Note de M. **Maurice Hamy**.

L'explication de la largeur des raies d'émission des gaz raréfiés, fondée sur l'application du principe Doppler-Fizeau aux centres générateurs du mouvement vibratoire lumineux, supposés entraînés suivant les règles de la théorie cinétique des gaz, a été récemment l'objet de vérifications expérimentales remarquables de la part de Buisson et Fabry (¹). Les recherches de ces physiciens sur les radiations émises par les gaz rares de l'atmosphère, enfermés dans un tube de Geissler, les ont conduits à un accord presque inespéré entre l'expérience et les conséquences prévues par le calcul.

Les radiations lumineuses que nous savons produire ne sont pas rigoureusement monochromatiques. Les spectroscopes interférentiels permettent, en effet, de constater qu'elles sont toutes des manifestations de mouvements vibratoires de l'éther de longueurs d'ondes comprises entre des limites plus ou moins resserrées. Cette largeur des radiations se traduit expérimentalement, d'abord par une altération progressive de la netteté des franges, quand on fait croître la différence de marche des faisceaux interférents, puis par leur évanouissement lorsque cette différence atteint une valeur convenable δ.

Quand on suppose un gaz assez raréfié pour pouvoir négliger l'effet des

(¹) *Journal de Physique pure et appliquée*, juin 1912.

chocs des particules en mouvement qui le constituent, la théorie cinétique jointe au principe Doppler-Fizeau fournit pour δ l'expression suivante,

$$\delta = 0,61\,\lambda\,10^6\sqrt{\frac{m}{T}},$$

dans laquelle m désigne la masse atomique du gaz et T sa température absolue. C'est cette expression, ou une autre équivalente, qui est en parfait accord avec les expériences de Fabry et Buisson et celles plus anciennes de Michelson relatives aux radiations du cadmium.

Les recherches dont il s'agit se rapportent à des spectres de lignes. La formule est-elle également applicable aux spectres de bandes? Telle est la question que je me suis posée et qui m'a conduit à me livrer aux expériences que je vais décrire.

Les spectres de bandes peuvent se classer, comme on sait, en deux catégories : ceux qui présentent le phénomène de Zeeman et ceux qui ne paraissent pas sensibles au champ magnétique. C'est à la deuxième catégorie que je me suis adressé, en prenant comme sujet d'études les bandes réfrangibles du spectre positif de l'azote, gaz que j'ai employé à l'état pur, grâce à l'aimable intervention de M. Gautier, directeur de l'École de Pharmacie. La présente Note résume les résultats que j'ai obtenus en considérant les bandes dont les têtes ont des longueurs d'ondes comprises entre $\lambda 440$ et $\lambda 410$.

Le dispositif instrumental utilisé est fondé sur l'emploi des franges de réflexion des lames argentées dont j'ai fait connaître autrefois les propriétés (¹).

Ces franges s'obtiennent en disposant l'arête réfléchissante d'un prisme à réflexion totale P au foyer d'un objectif achromatique, possédant une face optiquement plane, recouverte d'une argenture transparente, tournée en regard d'un miroir plan argenté à fond.

Lorsque les deux plans argentés reçoivent de la lumière monochromatique, par l'intermédiaire du prisme P, après avoir été amenés au parallélisme rigoureux, au moyen d'organes à flexion, l'objectif fournit des franges localisées dans son plan focal, qui se présentent sous la forme d'arcs de circonférences concentriques admettant l'arête réfléchissante du prisme comme diamètre. Si la source n'éclaire qu'une partie Σ de la face de sortie du prisme P, les franges ne sont visibles que dans l'image de Σ fournie, dans le plan focal de l'objectif, par autocollimation. Suivant

(¹) *Journal de Physique pure et appliquée*, 1906, p. 789.

l'épaisseur de l'argenture déposée sur la face plane de l'objectif, les franges ont un aspect très variable. Dans mes recherches, l'argenture a été faite de façon à donner aux maxima le $\frac{1}{8}$ de la largeur des minima. Ces franges, très brillantes, puisqu'elles utilisent la totalité de la lumière incidente, possèdent, comme celles de Fabry et Pérot, la propriété de se séparer en plusieurs systèmes lorsque la source qui leur donne naissance comprend plusieurs radiations distinctes.

Le réglage du parallélisme des plans argentés a été facilité, dans mes recherches, par l'emploi d'un second prisme P', semblable au prisme P, disposé de manière à permettre d'observer sur le côté, avec un oculaire, des franges accessoires obtenues en éclairant largement les faces du prisme P avec les radiations jaunes de l'arc au mercure. Une fois ces franges jaunes amenées au maximum de netteté, on notait leur position, par rapport à un point de repère placé dans le plan focal de l'objectif, de manière à pouvoir s'assurer, au cours des expériences, de l'immuabilité du système des plans réfléchissants.

Si une légère variation de la distance des plans, montant, à quelques centièmes de frange, était constatée, on agissait sur l'organe à flexion, dont il a déjà été question ci-dessus, pour ramener les franges à leur position première.

Entre les arêtes réfléchissantes des prismes P et P', on avait ménagé un espace f, de 1^{mm} environ, formant fente. Les réglages terminés, l'escamotage d'un miroir permettait de supprimer l'introduction des rayons de l'arc au mercure dans l'appareil à franges et de projeter le tube à azote (1^{mm} de diamètre, pression intérieure 2^{mm}) sur l'arête réfléchissante du prisme P. Le système optique argenté fournissait alors une image de la partie capillaire illuminée du tube sur la fente f. Cette image, mélange confus de tous les systèmes de franges relatifs aux diverses radiations émises par le gaz, était ensuite analysée au spectroscope, suivant un dispositif indiqué par Fabry. Dans la circonstance, le spectroscope devait avoir une forte dispersion, pour isoler le plus possible les nombreuses radiations de l'azote les unes des autres; il fallait, d'autre part, ne pas trop abaisser sa luminosité, afin d'éviter l'emploi de temps de pose prolongés. Ces deux conditions ont pu se concilier en donnant de grandes dimensions à l'appareil.

Le collimateur était formé par la fente f et un objectif de $2^{m},80$ de foyer. On avait, d'ailleurs, placé contre f une lentille mince légèrement convergente calculée de manière à avoir deux foyers conjugués, l'un au centre optique de l'objectif du système interférentiel, l'autre au centre optique de l'objectif collimateur. Grâce à cet artifice, tous les rayons issus des différents points de la fente f rencontraient ce dernier objectif et étaient utilisés. Au sortir du collimateur, les rayons traversaient un train de cinq gros prismes de flint (faces de 14^{cm} de longueur sur 9^{cm} de hauteur), puis pénétraient dans une chambre photographique de 1^{m} de foyer fournissant un spectre fortement dispersé sur une plaque photographique, spectre composé des sections faites par la fente dans les systèmes de franges de l'azote dont il a été question ci-dessus.

Des essais préliminaires ont rapidement montré que toutes les radiations du spectre de bandes positif de l'azote, dans la région considérée, donnent des franges visibles avec de fortes différences de marche. Ce point acquis,

on a fait croître graduellement, de 5^{mm} en 5^{mm}, la distance des plans argentés jusqu'à ce qu'il n'y ait plus trace de franges sur les images photographiques obtenues au foyer du spectroscope (temps de pose 15 minutes).

L'examen des épreuves a montré que la netteté des franges va progressivement en diminuant, à mesure que la différence de marche augmente, sans qu'on puisse constater de dédoublements, pour aucune des raies, tout au moins pour celles que le spectroscope a permis d'isoler complètement. Ces nombreuses raies sont donc optiquement simples et c'est là un premier résultat bien digne de remarque qui ne semble pas se présenter avec un caractère de généralité aussi marqué dans les spectres de lignes ordinaires. Les franges s'évanouissent totalement pour une valeur de la distance des plans argentés comprise entre 50^{mm} et 55^{mm}.

Les choses se passent identiquement de la même manière quand on soumet le tube à azote à un champ magnétique de 15000 gauss (le seul dont je disposais), résultat qui confirme les expériences anciennes de Becquerel et Deslandres.

Dans mes recherches, le tube à azote était plongé dans un bain d'eau maintenu à 20°, ce qui correspond à $T = 293°$. Or, si l'on fait dans l'expression de δ, $\lambda = 426 \times 10^{-6}$ mm ; $m = 14,01$, poids atomique de l'azote et $T = 293$, on trouve $\delta = 113^{mm},7$. Pour qu'une radiation appartenant à un spectre de lignes et satisfaisant à ces conditions cesse de fournir des franges observables, il faudrait donc donner à l'écartement des plans réfléchissants la valeur $\frac{\delta}{2} = 56^{mm},8$, un peu plus élevée que le nombre déterminé ci-dessus pour les bandes de l'azote. Mais, dans le cours des expériences, des bulles d'air nombreuses se formaient autour du tube ; il fallait même les chasser fréquemment, pour les empêcher de troubler la propagation de la lumière. La température du tube était donc certainement plus élevée que celle du milieu où il était plongé, ce qui avait pour effet d'abaisser la limite d'interférence des radiations. D'autre part, quand on observe des franges obtenues avec une radiation de couleur sensible à l'œil, on constate que, bien avant de disparaître, les contrastes entre les maxima et les minima sont très peu marqués. Si l'on tient compte du peu de sensibilité de la photographie pour déceler de faibles oppositions de lumière, il résulte de là que les images photographiques fournies au foyer du spectroscope doivent cesser de manifester les interférences, pour des différences de marche inférieures à celles qui correspondent à leur réel évanouissement. Aussi le petit écart existant entre la valeur de δ observée pour l'azote et

celle qui résulte de la théorie doit-il être attribué, avec un très haut degré de certitude, à une cause purement expérimentale.

On peut donc dire que la largeur optique des radiations composant les bandes réfrangibles du spectre positif de l'azote obéit à la même loi que celle des raies des spectres de lignes, loi d'ailleurs indépendante des théories qui se rapportent à la genèse des vibrations lumineuses.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le soufre mis en liberté dans l'action entre l'acide sulfureux et l'eau.* Note [1] de MM. E. **Jungfleisch** et L. **Brunel**.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1719), nous avons montré que l'acide sulfureux et l'eau réagissent en donnant du soufre et de l'acide sulfurique, par formation intermédiaire d'acide hydrosulfureux, au moins dans le cas des températures peu élevées. En exposant les circonstances de cette réaction, nous avons seulement constaté le fait de la réduction du soufre; nous ajouterons ici quelques renseignements sur les états dans lesquels le soufre se trouve séparé.

Ainsi qu'on le montrera plus loin, le soufre engendré par la décomposition de l'acide hydrosulfureux est du soufre mou, mais son état se trouve parfois modifié suivant la température à laquelle s'effectue la séparation.

Au-dessus du point de fusion du soufre octaédrique, soit au-dessus de 113°, le soufre se précipite fondu en un liquide qui, par refroidissement, cristallise sous une forme dépendant de la température. Un peu au-dessous du point de fusion du soufre, on observe des faits analogues, mais se réalisant dans des conditions particulières. Si, en effet, on maintient le mélange au voisinage de 100°, on constate un phénomène intéressant, celui de la fusion du soufre à une température très notablement inférieure à 113°. En chauffant les tubes dans un bloc maintenu très régulièrement à 98°-100°, ou même dans un bain d'eau bouillante, dont la température reste certainement inférieure à 100°, le soufre précipité se présente tantôt en masses cristallisées après fusion, tantôt en gouttelettes liquides, restant telles, même après un certain refroidissement, pour cristalliser enfin en donnant du soufre ayant, comme le précédent, l'apparence du soufre en canons. Il est arrivé que dans des tubes chauffés ensemble, à la même température par conséquent, les uns contenaient du soufre en gouttelettes liquides, et les autres du soufre cristallisé après fusion.

---

(1) Reçue dans la séance du 21 juillet 1913.

La fusion du soufre à une température inférieure à 113° est bien établie dans cette circonstance, la température du bain d'eau ne pouvant dépasser 100°. Elle trouve son explication si l'on considère que le soufre réduit dans la réaction est du soufre mou; il résulte, en effet, des expériences publiées par Regnault dans ses *Recherches sur les chaleurs spécifiques des corps simples et des corps composés*, 2e Mémoire (*Ann. Ch. Phys.*, 3e série, t. I, 1841, p. 205), que le soufre mou se transforme en soufre octaédrique lorsqu'on le porte au voisinage de 100° et que le changement d'état entraîne un dégagement de chaleur qui élève la température de la masse jusqu'à la fusion du soufre. D'après cela, à partir de températures quelque peu inférieures à 100°, le soufre mou, provenant de la destruction de l'acide hydrosulfureux, se trouve transformé en soufre liquide, puis en soufre cristallisé après fusion. Le soufre cristallisé contenu dans certains tubes, et celui qui, dans d'autres tubes, a conservé, vers 100°, l'état liquide, ont éprouvé les mêmes changements; dans le second cas, le soufre a seulement conservé par surfusion la forme liquide.

A ces températures inférieures, vers 68°-70°, par exemple, le soufre se précipite à l'état de soufre mou, état sous lequel il subsiste pendant quelque temps; il se sépare sous forme de globules sphériques de très petites dimensions, présentant au microscope les caractères indiqués par différents auteurs; en lumière polarisée, les globules apparaissent comme formés par une substance isotrope. Sous l'action de la chaleur, ces globules, devenus plus mous, adhésifs, s'accolent en agglomérations variées (*fig.* 1).

En cet état, la matière présente les propriétés caractéristiques du soufre mou. Reprise, avec les précautions voulues, par le sulfure de carbone, elle donne une solution qui, évaporée spontanément, abandonne comme résidu des gouttes de soufre, molles, devenant de plus en plus épaisses, se solidifiant finalement en une masse vitreuse jaune de miel. Conformément aux indications de Selmi (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, t. XXI, 1852, p. 418), ces masses transparentes de soufre mou cristallisent en quelques instants après avoir subi le contact d'un fragment de soufre octaédrique, ou simplement après déformation de leur bord sous la pression d'un agitateur; la masse cristallisée, reprise par le sulfure de carbone, fournit ensuite des cristaux volumineux de soufre octaédrique.

Au-dessus de la température normale, le soufre mou perd de sa consistance et devient susceptible de s'écouler lentement sous l'action de la pesanteur; la masse semi-fluide prend peu à peu la forme du vase où elle se trouve. Après refroidissement, cette forme se conserve non modifiée. Enfin,

au bout d'un temps plus ou moins long, le soufre mou cristallise dans des conditions bien connues.

Nous avons observé ainsi avec le soufre la production de toutes les formes décrites par Vogelsang dans son Mémoire classique : *Sur les cristallites* (*Arch. néerlandaises*, t. V, 1870, *pl. VI*, soufre). La partie expérimentale de ce travail porte, en effet, exclusivement sur les phases successives de la cristallisation du soufre; l'auteur observait au microscope les formes affectées par le soufre se séparant d'une solution sulfocarbonique, plus ou moins

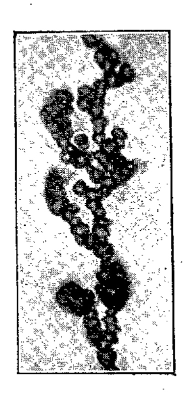


Fig. 1. — Globules de soufre mou accolés (1200 diamètres).

chargée de baume du Canada; l'addition de ce réactif complexe avait pour but de ralentir la cristallisation; il est difficile, cependant, de préciser son rôle dans le phénomène.

Nous avons donc observé les globules microscopiques et les agglomérations de ces globules, qui constituent les *cristallites* et les *longulites* de soufre de Vogelsang. Nous ne saurions, cependant, suivre ce savant lorsqu'il envisage ces formations comme constituant *les premiers stades de la cristallisation du soufre*. Les globulites et les longulites ne sont pas du soufre en voie de cristallisation, mais bien du soufre mou ; celui-ci ne peut devenir soufre cristallisable que par un changement d'état entraînant une modification considérable de la chaleur spécifique.

Dans nos tubes scellés, le soufre mou est protégé par des contacts étrangers; il se conserve longtemps sans cristalliser, surtout à chaud; cette particularité rend les observations relativement faciles.

Dans les tubes chauffés au bain d'eau à 60°-70°, le soufre mou se précipite, a-t-il été dit, en globules sphériques très petits. Ceux-ci s'agglomèrent bientôt et la matière molle, tombant sur la paroi sous-jacente du vase, y

prend des formes particulières. Dans les tubes suspendus en position s'écartant un peu de la verticale, la matière, glissant sur la paroi, y adhère et s'écoule très lentement; les filets d'écoulement se rejoignent en suivant la génératrice de la surface cylindrique, pour gagner le fond du vase. L'en-



Fig. 2. — Soufre mou aggloméré (grandeur naturelle).



Fig. 3. — Soufre octaédrique conservant la disposition du soufre mou qui l'a fourni par transformation (grandeur réelle).



Fig. 4. — Soufre octaédrique conservant la disposition du soufre mou qui l'a fourni par transformation (fort grossissement).

semble de ces filets d'écoulement compose ainsi une figure très nette, rappelant les nervures d'une feuille ou présentant l'aspect d'une plume d'oiseau; la nervure médiane est constituée par la réunion des filets primitifs d'écoulement de la matière molle. A froid, le soufre mou, reprenant sa consistance normale, l'ensemble du réseau se détache du verre; la figure générale se conserve assez bien pour qu'on ait pu en photographier un certain nombre d'exemplaires (*fig.* 2).

Si les tubes ont, dans le bain, une inclinaison différente, les figures formées se modifient suivant les conditions d'écoulement de la masse semi-fluide, mais avec des apparences toujours analogues.

Refroidi, le soufre mou arrive finalement à changer d'état et à cristalliser; dans les tubes scellés, ce changement s'opère avec plus de lenteur

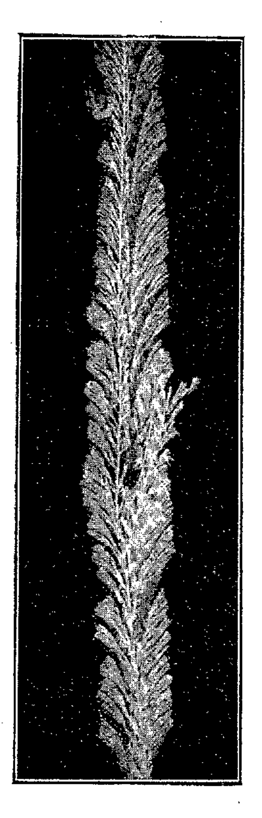


Fig. 5. — Soufre octaédrique conservant la disposition du soufre mou qui l'a fourni par transformation (tube incliné à 45°) (grandeur réelle).

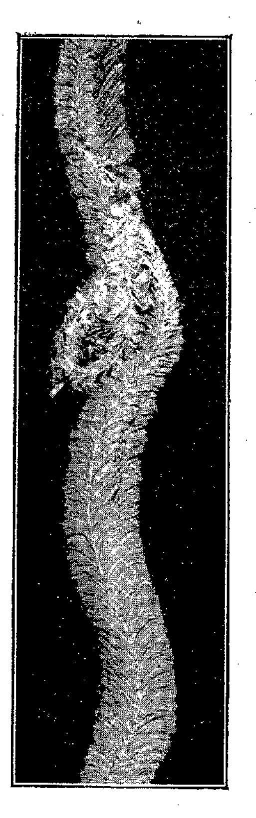


Fig. 6. — Soufre octaédrique conservant la disposition du soufre mou qui l'a fourni par transformation (tube incliné à 20°) (grandeur réelle).

qu'à l'ordinaire; au moment où il s'effectue, la forme de l'ensemble se modifie un peu; les filets secondaires d'écoulement du soufre mou, perdant leur incurvation, se redressent et prennent une certaine raideur; on voit émerger de leur surface des pointements de cristaux. Finalement, l'ensemble se trouve transformé en un assemblage régulier, constitué par des files de cristaux de soufre octaédrique, et conservant la même apparence arborescente (*fig.* 3 et 4).

Vogelsang, qui opérait toujours sur le porte-objet d'un microscope, c'est-à-dire dans des conditions presque invariables, a remarqué que les files cristallines ainsi obtenues s'écartent de la nervure médiane suivant un angle constant; il en a conclu que la disposition de ces files cristallines sur la nervure médiane obéit à une loi de la cristallisation et qu'elle est invariable dans la cristallisation du soufre.

L'expérience nous a montré que ce fait dépend des conditions dans lesquelles se sont formées les figures d'agglomération du soufre mou. Si, au lieu de chauffer le tube tenu très faiblement incliné (*fig.* 2), on le chauffe incliné à 45° (*fig.* 5) ou à 20° (*fig.* 6) par exemple, les figures d'écoulement se modifient : à mesure qu'on se rapproche de l'horizontale, les filets secondaires s'écartent davantage du filet médian. Dans des positions voisines de l'horizontalité, les filets secondaires tendent à devenir perpendiculaires au filet médian; les figures rappellent alors de très près celle reproduite par Vogelsang. La direction des nervures est précisément celle que suivrait l'écoulement d'un liquide dans le tube incliné. Nous avons, d'après les indications qu'a bien voulu nous donner M. Lecornu, tracé les lignes de plus grande pente pour diverses dimensions et inclinaisons du tube; les figures obtenues ont présenté, avec les tracés, une coïncidence satisfaisante. Or, après le refroidissement, les files de cristaux de soufre octaédrique, qui se forment aux dépens des filets de soufre mou, conservent sensiblement la disposition générale antérieure à la cristallisation; ce n'est donc pas une loi de la cristallisation qui règle les angles formés par les nervures dans les figures du soufre cristallisé; ceux-ci résultent uniquement, dans nos expériences du moins, des arrangements donnés par la pesanteur au soufre mou générateur, d'après la forme et la disposition des vases qui le contiennent.

Lorsque la réaction de l'acide sulfureux sur l'eau se réalise à la température ordinaire, elle s'effectue avec une grande lenteur; le soufre qu'elle fournit est cristallisé. Il n'a pas été possible de déterminer la forme des lamelles minces et irrégulières qui le constituent. Ces lamelles ont cependant d'assez grandes dimensions.

La production du soufre par le gaz sulfureux et l'eau se réalisant avec une grande facilité, même à des températures peu élevées, par la formation intermédiaire de l'acide hydrosulfureux, cette production doit se réaliser dans de très nombreuses circonstances. Depuis que nous connaissons cette réaction, nous l'avons, en effet, observée non seulement dans le laboratoire, mais dans la nature.

CHIRURGIE. — *Opération du pied bot par l'ablation de tous les os du tarse. Régénération osseuse chez de jeunes sujets.* Note de M. **Lucas-Championnière.**

Les opérations destinées à la correction du pied bot ont été longtemps limitées aux muscles, aux tendons et aux ligaments. Leur complément nécessaire était l'application prolongée d'appareils correcteurs avec des inconvénients nombreux et une insuffisance habituelle.

A une époque récente, depuis une trentaine d'années, l'attaque du squelette fut proposée pour amener une correction bien plus importante. L'ablation de l'astragale fut pratiquée. Dès 1883, après Eugène Bœckel, je pratiquai l'opération avec de bons résultats.

Mais cette opération n'amenait qu'un redressement très imparfait demandant des sections tendineuses ou osseuses complémentaires, et le maintien du pied par des appareils redresseurs. J'essayai d'abord l'ablation des os du tarse gênant ce redressement immédiat. Puis je constituai une opération infiniment plus radicale qui consiste à enlever systématiquement tous les os du tarse, sauf la partie postérieure du calcanéum, laissée plus ou moins importante. Depuis 1889, j'ai fait ces opérations sur 42 sujets surtout adultes, c'est-à-dire présentant les cas les plus mauvais.

Ces opérations, qui paraissent d'une brutalité extrême, laissent un pied dont la partie centrale est tellement molle qu'on le moule à volonté. On redresse les pieds, malgré un état de déformation extraordinaire, aussi bien que les pieds moins déformés, et on leur donne absolument la forme voulue pour un redressement parfait et immédiat, sans avoir besoin de recourir à des sections tendineuses complémentaires et sans avoir besoin d'appareils orthopédiques secondaires.

Malgré cela les parties fibreuses centrales du pied prennent une résistance telle que la marche est très rapidement possible et parfaite. J'ai pu voir de jeunes sujets courir d'une façon très satisfaisante, alors que la difformité avait rendu la marche impossible.

Aussi ai-je pu dire dans une boutade que, pour la marche, le tarse n'était pas utile.

A l'examen, le pied montre une grande résistance qui pourrait faire supposer que des noyaux osseux ont remplacé les os enlevés. Il n'en est rien cependant. L'examen d'une radiographie prise chez un adulte près de 5 ans après l'opération ne montre aucune reproduction osseuse. Sur ce

sujet j'ai même fait une réopération pour enlever une partie du calcanéum et je n'en ai pas constaté. Mais chez les jeunes sujets il n'en est pas de même. J'ai deux radiographies prises, l'une au bout de 8 ans sur un sujet opéré à l'âge de 5 ans, et l'autre sur un sujet opéré à l'âge de 9 ans il y a près de 4 ans. Chez tous deux il est facile de constater une reproduction osseuse si importante qu'on pourrait croire que l'extirpation des cunéiformes et du cuboïde n'a pas été faite.

J'attribue la différence de ces résultats d'abord à la facilité de production osseuse qu'on observe chez les très jeunes sujets. En outre, chez eux, le squelette du pied est bien loin de l'achèvement; l'ablation des noyaux osseux qui représentent à ce moment le cuboïde et les cunéiformes est une ablation très imparfaite. Il reste, en place, une part considérable des cartilages au milieu des tissus mous et l'on conçoit très bien que ce soient là des centres de reproduction très importants.

Quand on opère rapidement, en suivant comme chez l'adulte l'os dur qu'on extirpe, on fait en réalité une opération très suffisante mais incomplète pour les parties molles de l'os. Il y aurait grand avantage à la systématiser ainsi :

Quand on a enlevé toutes les parties dures résistantes, tout est mou dans la plaie; on sent pourtant des bouts de cartilages tranchés. Cela est très manifeste, surtout pour le cuboïde et les cunéiformes, alors que l'astragale et le scaphoïde ont été certainement plus parfaitement enlevés avec les cartilages. Cela explique pourquoi, dans la radiographie, les cunéiformes et le cuboïde paraissent reproduits, alors que, du côté du scaphoïde et de l'astragale, on ne voit que des noyaux osseux médiocres.

Chez l'adulte et dans les mêmes conditions, l'os a été suivi et extirpé complètement, sauf des débris périostiques qui, à eux seuls, sont incapables de déterminer une reproduction osseuse importante.

Cette nouvelle observation ajoute encore à la valeur de l'opération si radicale que j'ai proposée et exécutée depuis 25 ans.

Applicable dans les cas extrêmes qu'on observe chez l'adulte, elle donne ainsi des résultats plus satisfaisants encore chez l'enfant avec un certain degré de réparation osseuse, et, pour tous, elle apporte des résultats définitifs.

Chose capitale, selon moi, ce qui la rend supérieure à toutes les grandes opérations proposées depuis, elle respecte absolument les tissus mous de réparation plus difficile, les muscles, les tendons et les ligaments, et malgré cela elle mène à une réparation plus parfaite en laissant :

Le redressement immédiat et complet;

La solidité du pied;

La marche rapidement obtenue;

Un aplomb parfait du pied sans chances de récidives (aucun appareil orthopédique complémentaire n'est utile);

Le retour facile de la valeur des muscles atrophiés.

Cette opération est laborieuse mais facile, puisqu'il ne s'agit que de la suppression, toujours la même, des os du tarse. La seule question délicate est relative à la nécessité, dans les cas les plus graves, de pousser très loin la résection du calcanéum et même celle d'une partie du cinquième métatarsien.

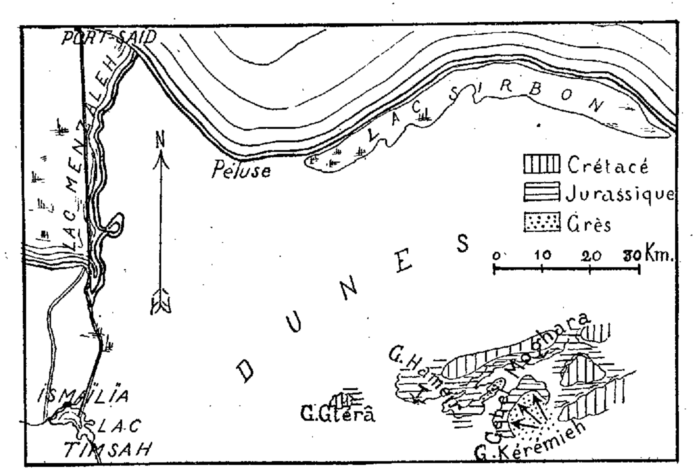
GÉOLOGIE. — *Le Jurassique dans le désert à l'est de l'isthme de Suez.* Note de MM. **Couyat-Barthoux** et **H. Douvillé.**

On ne connaissait jusqu'à présent aucun affleurement du terrain jurassique dans toute la région sud-orientale du bassin méditerranéen, depuis la Tunisie jusqu'au nord de la Palestine. En Égypte et dans la presqu'île du Sinaï, les terrains cristallins sont recouverts directement par les *grès de Nubie*, sur lesquels reposent en discordance les diverses assises du Crétacé, Cénomanien au Nord et Crétacé supérieur au Sud dans la région d'Assouan.

Tout récemment, M. Couyat-Barthoux, chargé par la Compagnie universelle du Canal maritime de Suez, de dresser la carte géologique de l'isthme de Suez, a pu étendre ses recherches jusqu'aux montagnes voisines, et a reconnu que, dans la région orientale où les cartes d'ensemble ne signalaient que de l'Éocène, il existait en réalité des affleurements importants du terrain jurassique.

La large dépression correspondant à l'isthme de Suez est bordée d'un côté par le prolongement de la chaîne Arabique, Gebel Attaka, à l'ouest de Suez, G. Geneffé et G. Chebrouet à l'ouest et près des lacs Amers. Du côté opposé, les montagnes qui représentent le prolongement du massif du Sinaï sont plus éloignées et sont précédées par une région de dunes; ce sont le G. Raha, 30^{km} à l'est de Suez, puis le G. oum Ghecheb et enfin, terminant la chaîne, les G. Hameïr et G. Moghara, 80^{km} environ à l'est d'Ismaïlia. Ces montagnes s'élèvent de 180^{m} à 250^{m} au-dessus des vallées environnantes et atteignent l'altitude de 350^{m} à 400^{m} environ. C'est dans ce massif terminal que viennent affleurer d'une manière très inattendue les différentes

assises du terrain jurassique; il est le mieux développé au G. Moghara, situé par 30°40′ lat. N et 33°15′ long. E (Gr.).



Carte géologique du G. Moghara, par M. Couyat-Barthoux.

D'après les coupes relevées par M. Couyat-Barthoux et les fossiles qu'il a recueillis, on peut distinguer les niveaux suivants :

A. Les assises les plus inférieures sont constituées par les *grès de Nubie*, à débris végétaux; elles sont fortement relevées au point d'atteindre une inclinaison de 70° vers le NE, et on les recoupe normalement à leur tranche sur une longueur de 500ᵐ environ, sans atteindre leur base qui se perd sous la vallée.

B. A ces couches succèdent des alternances de grès et de marnes dont l'épaisseur peut être évaluée à 80ᵐ, puis des Calcaires grisâtres (ép. 25ᵐ) avec *Terebratala fimbria*, *Ter.* nov. Sp. (forme du même groupe que la précédente), *Rhynchonella Edwardsi*, *Zeilleria*, *Thamnastrea*, *Montlivaultia*. Ce sont les premières assises du Bajocien.

C. Les Calcaires deviennent jaunâtres et leur inclinaison diminue peu à peu; ils alternent avec des marnes. Les fossiles y sont bien conservés, mais souvent brisés, principalement les Ammonites, assez rares et représentées par de simples fragments; on peut les grouper de la manière suivante :

Bajocien, avec *Cœloceras Humphriesi*, *Lissoceras oolilicum*, *Ancyloceras tenue*, *Patoceras Teilleuxi*, *Liogryphea* cf. *sublobata* (forme à gros plis), *Terebratula Phillipsi* (et variétés), *T. perovalis* (forme type).

D. Bathonien : *Œcotraustes subfuscus*, *Pholadomya* cf. *Aubryi*, *Heligmus*, *Eudesia cardium*.

E. Callovien, caractérisé par *Reineckia anceps*, *Stepheoceras*, *Phylloceras*, *Littorina* cf. *thonetensis*, *Modiola solenoides*, *Gervillia aviculoides*, *Rhynchonella Orbignyi* (très commune).

F. Des couches de Calcaire lithographique constituent un horizon facile à repérer, et surtout développé dans le G. Hameïr. Il a fourni quelques sections de *Bélemnites* et une empreinte de *Quenstedticeras*, très renflé, bien reconnaissable à ses côtes en forme de chevrons à sommet arrondi. On a recueilli au même niveau un fragment de *Pachyceras*, et de grosses Térébratules que l'on peut rapprocher de *T. Lamberti* et de *T. suprajurensis*, et en outre *Zeilleria Parandieri*. Ces assises paraissent bien représenter le Callovien supérieur et l'Oxfordien, peut-être même aussi le Jurassique supérieur.

G. Ce dernier niveau semble en outre indiqué par un tronçon de *Lytoceras*, orné de côtes fines, festonnées et assez fortement infléchies en avant; ce sont bien les caractères du *L. Liebigi* var. *strambergensis*.

H. Un premier horizon crétacé est représenté par des Calcaires à grains de quartz, souvent ferrugineux et par des Calcaires à petites oolithes ferrugineuses; il a fourni *Knemiceras syriacum*, *Protocardia hillana*, *Eoradiolites Rousseli*, *Neithea quinquecostata ;* une assise inférieure paraît particulièrement riche en grandes Trigonies, *Tr.* cf. *crenulata* et *Tr.* cf. *sinuata*. C'est le prolongement des couches bien connues du Liban où elles représentent le Vraconnien; pas plus que le Jurassique, elles n'avaient été encore signalées ni dans le sud de la Palestine, ni en Égypte.

I. Les Calcaires redeviennent plus tendres et jaunâtres, ils sont très fossilifères : *Neolobites Vibrayei*, *Pyrazus* cf. *Guerangeri*, *Diastoma*, *Glauconia*, *Venericardia* cf. *dubia*, *Trigonia crenulata ?*, *Tr. neglecta*, *Exogyra flabellata*, *Aspidiscus cristatus*, *Orbitolina concava*, race *minor*. C'est le Cénomanien avec sa faune habituelle mais particulièrement bien développée ici.

Les différents niveaux que nous venons de citer sont, comme on le voit, tous très nettement caractérisés; la présence du Jurassique et son développement sont extrêmement intéressants comme nous l'avons dit plus haut. L'apparition de ce terrain est d'autant plus inattendue, qu'à partir du Tih, au nord du Sinaï, les courbes plongent régulièrement vers le Nord, d'abord le grès de Nubie, puis le Crétacé et enfin l'Éocène; on en avait conclu que

ce dernier terrain seul devait affleurer sur le versant méditerranéen et c'est en effet ce qu'indiquaient les cartes géologiques (Voir le croquis de Lartet et la carte géologique générale de l'Europe).

Mais ces nouvelles explorations ont montré que le plongement régulier des couches ne se prolongeait que jusqu'à la hauteur de Suez; au delà, les couches crétacées se relèvent brusquement, sous l'Éocène qui les recouvre en transgression, et elles viennent affleurer dans tout le massif montagneux jusqu'aux derniers contreforts représentés par le G. Moghara; leur inclinaison augmente progressivement et l'on voit apparaître en profondeur le grès de Nubie. Mais tandis qu'au Sud celui-ci est immédiatement recouvert par le Cénomanien, on voit s'intercaler ici, entre les deux formations, les différents étages du terrain jurassique depuis le Bajocien jusqu'au Jurassique supérieur, et en outre le Vraconnien à *Knemiceras syriacum*.

Un mouvement analogue se dessine à l'Ouest sur la rive Afrique de l'isthme, où ces mêmes couches avec *Kn. syriacum* affleurent à la base du G. Chebrouet.

Elles y sont mises à jour de la même façon par des mouvements tectoniques importants, qui accentuent en même temps la discordance de l'Éocène à *Numm. gizchensis* (G. Geneffé) et du Crétacé.

La présence du Jurassique succédant ici, en concordance au moins apparente, aux grès de Nubie est un argument en faveur de l'âge triasique de la partie supérieure de ces grès; au Sinaï et au Ouadi Arabba où ils sont le mieux développés, ils englobent vers leurs bases des Calcaires et grès moscoviens à *Orthis Michelini* (1), avec empreintes de Méduses et d'Algues (2). Ils constituent ainsi une puissante formation de 400^m d'épaisseur dont le dépôt a pu se continuer depuis le Carboniférien jusqu'à Trias et au Jurassique, peut-être même dans d'autres régions jusqu'à l'infracrétacique. Il ne serait pas surprenant d'y rencontrer un jour des fossiles caractérisant ces divers terrains.

En tout cas, nous appelons l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait d'étudier les derniers contreforts du Sinaï depuis le Tih jusqu'à El Arisch. Nous prévoyons que cette région sera riche en documents intéressants et nouveaux.

---

(1) BARRON, *Topo. and geol. of the peninsula of Sinaï, westl-portion*, Le Caire, 1907, p. 154 à 171, avec carte.

(2) COUYAT et FRITEL, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 795.

PHYSIQUE. — *Sur la formule de la vitesse du son.* Note de M. P. **Duhem**.

La formule donnée par M. Ariès dans la séance du 15 juillet [t. 157, p. 112, égalité (4)] n'est pas tout à fait exacte. La formule exacte est, avec les notations de M. Ariès, et en désignant par t la température centigrade,

$$\omega = \sqrt{m \frac{p}{\rho} \frac{\alpha_v}{\alpha_p} \frac{1 + \alpha_p t}{1 + \alpha_v t}}.$$

Elle suppose que, de 0° à $t°$, α_p et α_v demeurent constants.

Cette formule exacte a été donnée dès 1872 par J. Moutier [*Éléments de Thermodynamique*, p. 77, égalité (47)]. Elle a été, depuis, reproduite dans divers Ouvrages.

NOMINATIONS.

MM. **Deslandres** et **Baillaud** sont délégués par l'Académie pour la représenter à la quatrième réunion de l'Union internationale des Recherches solaires, qui aura lieu à Bonn (Allemagne) du 30 juillet au 5 août.

CORRESPONDANCE.

M. **de Sparre**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **Netter** et **Debré**, et M. **Karl-F. Sundman** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions qui ont été accordées à leurs travaux.

MM. **H. Abraham**, **A. Colson**, **C. Le Morvan**, **J. Pellegrin**, **E. Rengade**, **L. Roule**, **J. Welsch** et **A. Labbé** adressent des remercîments à l'Académie pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Observations sur les cours d'eau et la pluie, centralisées pendant l'année* 1911-1912, sous la direction de M. Salles, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par MM. Nouailhac-Pioch et E. Maillet, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées. (Service hydrométrique du bassin de la Seine.)

2° *Résumé des observations centralisées par le Service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année* 1911-1912, par M. Edmond Maillet, sous la direction de M. Salles et de M. Nouailhac-Pioch.

3° *Paul Tannery*, Mémoires scientifiques, publiés par J.-L. Heiberg et H.-G. Zeuthen. — II : *Sciences exactes dans l'antiquité*, 1883-1898. (Présenté par M. B. Baillaud.)

4° *Die europaeischen Schlangen, Kupferdrucktafeln nach Photographien der lebenden Tiere*, von Fritz Steinheil; erstes und zweites Heft. (Présenté par M. Henneguy.)

5° Administration des Domaines de l'État égyptien. *Rapport présenté à la Commission des Domaines*, par M. Audebeau-Bey, ingénieur en chef, sur les observations faites en 1912 dans le centre du Delta. (Présenté par M. Roux.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1913. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 77 jours d'observations dans ce trimestre et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — La production des taches a été encore moindre que dans le trimestre précédent (¹); on a, en effet, au total 3 groupes avec une aire totale tachée de 23 millionièmes, tandis que précédemment on avait enregistré 4 groupes et 128 millionièmes.

Le premier groupe s'est formé au voisinage de l'équateur, à — 2° de latitude, alors que les deux suivants ont paru aux latitudes élevées de + 25° et — 33°, aux dates respectives des 11 avril et 26 juin.

La proportion des jours sans taches a été de 0,94 au lieu de 0,80 précédemment, et a dépassé celle du premier trimestre de 1912 qui était de 0,85. A ce sujet, la

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1357.

longue *période sans taches* signalée dernièrement (¹) a duré 75 jours, du 12 avril au 25 juin inclusivement, et c'est une des plus longues observées, sinon la plus longue, depuis qu'on dispose de séries d'observations régulières.

Régions d'activité. — De même que les taches, les facules ont présenté un minimum accentué, et, au total, on a 21 groupes avec une surface de 3,8 millièmes, au lieu de 41 groupes et 13,1 millièmes précédemment.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril 1913. — 0,83.			
5-7	3	3,6	−2		11
11	1	10,0		+25	6
	23 j.		−2°	+25°	
		Mai. — 1,00.			
»	»	»	»	»	»
	26 j.		»	»	»
		Juin. — 0,96.			
26	1	30,3	−33		6
	28 j.		−33°	»	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1913.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril	»	»	»	»	1	1	1	»	»	1	»	»	2	17
Mai	»	»	»	»	»	0	0	»	»	»	»	»	0	0
Juin	»	1	»	»	»	1	0	»	»	»	»	»	1	6
Totaux	»	1	»	»	1	2	1	»	»	1	»	»	3	23

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1913.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril	3	»	»	1	1	5	4	»	1	2	»	1	9	2,1
Mai	1	»	»	1	»	2	1	»	»	»	»	1	3	0,3
Juin	2	1	»	2	1	6	3	1	»	1	»	1	9	1,4
Totaux	6	1	»	4	2	13	8	1	1	3	»	3	21	3,8

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1878.

GÉOMÉTRIE. — *Formule approchée de l'arc d'ellipse.*
Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Appell.

Je prends le sommet B comme origine des arcs, et je définis leur extrémité M par l'angle $BOM' = \theta$, M' étant la projection de M, parallèlement au petit axe, sur le cercle de rayon OA. La formule très simple que j'ai imaginée est

$$\text{arc}\,BM = a \sin\theta \frac{2k\theta}{\sin 2k\theta} \qquad \text{avec} \qquad k = \frac{b}{a+b}.$$

Elle tend à devenir rigoureusement exacte, quel que soit θ, quand le rapport $\rho = \frac{b}{a}$ tend vers ses limites o et 1 : en effet, pour $\rho = 0$ (ellipse infiniment aplatie), elle devient $\text{arc}\,BM = a\sin\theta$; pour $\rho = 1$ (cercle), elle devient $\text{arc}\,BM = a\theta$. En outre, pour $\theta = \frac{\pi}{2}$ (quart d'ellipse), on retrouve ma formule

$$\text{arc}\,BM = a\frac{k\pi}{\sin k\pi},$$

qui donne une erreur relative très faible, dont le *maximum* est d'environ $\frac{3}{1000}$ (¹).

A la vérité, l'approximation n'est pas toujours aussi grande pour des arcs quelconques; elle est néanmoins suffisante dans nombre d'applications. C'est ce que montre la Table ci-dessous du coefficient de a, Table établie pour la valeur moyenne $\rho = \frac{1}{2}$; la plus grande erreur relative n'atteint pas 3 pour 100.

Cette formule nouvelle est susceptible d'une élégante interprétation géométrique, qui aide à la fixer dans la mémoire. On peut l'écrire, en effet :

$$\frac{\text{arc}\,BM}{2k\theta} = \frac{a\sin\theta}{\sin 2k\theta}.$$

De là ce théorème : *Le rapport entre l'arc d'ellipse* BM *et l'arc de cercle de rayon* $2k$ *intercepté par l'angle au centre* BOM' *est sensiblement égal au rapport entre leurs projections sur le grand axe.*

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 19 mai 1913, p. 1513.

θ.	Ma formule.	Valeur exacte.	Différence.	Erreur relative.
°				pour 100
15	0,2601	0,2595	+0,0006	+0,23
30	0,5103	0,5060	+0,0043	+0,85
45	0,7405	0,7282	+0,0123	+1,69
60	0,9405	0,9184	+0,0221	+2,40
75	1,1002	1,0708	+0,0294	+2,75
90	1,2092	1,2110	−0,0018	−0,15

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les modules dénombrables.* Note de M. E. Stiemke, présentée par M. Hadamard.

Les nombres de la suite finie ou infinie $\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ sont dits *indépendants*, si une relation

$$k_1\alpha_1 + k_2\alpha_2 + \ldots + k_m\alpha_m = 0$$

avec des coefficients rationnels entiers ne peut exister pour aucun m limité, excepté le cas que tous les k_r égalent 0. Si $\omega_1, \omega_2, \ldots$ est une suite de nombres indépendants, la totalité M de tous les nombres

$$\omega = k_1\omega_1 + k_2\omega_2 + \ldots + k_m\omega_m$$

avec des coefficients rationnels entiers forme un *module*, c'est-à-dire un ensemble de nombres, qui se reproduit par addition et soustraction ordinaires. Nous écrivons

$$M = [\omega_1, \omega_2, \ldots]$$

et nous dirons que $\omega_1, \omega_2, \ldots$ constituent une *base* de M. Il est évident que chaque base peut être modifiée par des substitutions finies unimodulaires. Si la suite des ω_r se termine par le $n^{\text{ième}}$ terme, $M = [\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n]$ est un *module fini de n membres*.

J'ai étudié la question de savoir quand un module quelconque possède une base. Au cours de mes réflexions j'ai été conduit aux définitions et théorèmes suivants.

Définition. — *Étant donné un module dénombrable* M, *considérons m nombres indépendants* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ *de* M. *Les nombres* α *de* M, *qui suffisent à des relations de la forme*

$$k\alpha = k_1\alpha_1 + k_2\alpha_2 + \ldots + k_m\alpha_m$$

forment de nouveau un module. J'appelle la totalité de ces nombres la section de M, *définie par* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$. *Si chaque section de* M *est un module fini, je désigne* M *sous le nom de module à sections finies.*

Étant donné un module fini $M = [\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n]$, la section M′ de M, définie par les nombres $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n-1}$, possède une base $\omega'_1, \omega'_2, \ldots, \omega'_{n-1}$. Il est aisé de voir qu'on peut trouver un nombre ω'_n de M de façon que ω'_1, $\omega'_2, \ldots, \omega'_n$ constituent une base de M. Il s'ensuit même que la base d'une section arbitraire de r membres de M peut être complétée par l'adjonction de $n - r$ autres nombres à une base de M.

En faisant usage de ces résultats, on démontre facilement les théorèmes suivants :

I. *Pour qu'un module dénombrable ait une base (finie ou infinie), il faut et il suffit qu'il soit un module à sections finies.*

II. *Si le module* M *peut être représenté par une base, il en est de même pour chaque module* M′ *contenu dans* M.

Il en résulte une intéressante application :

La totalité de tous les nombres algébriques entiers et de même chaque module contenu en elle possède une base.

Les théorèmes I et II subsistent encore quand, au lieu de modules de nombres, on envisage les groupes abéliens ne possédant aucun élément d'ordre fini (excepté l'unité). En effet, la théorie de ces groupes ne diffère de celle des modules que par les notations. S'il s'agit spécialement du groupe abélien formé par les idéaux principaux d'un corps algébrique au degré fini, nos résultats combinés avec le théorème fondamental de Dirichlet sur les unités complexes nous donnent le théorème :

III. *Soit* K *un corps algébrique au degré fini; parmi les quantités* $\rho = e^{\frac{2\pi i}{m}}$ *contenues dans* K, *considérons celle pour laquelle l'entier positif* m *a la plus grande valeur possible. A ces conditions, on peut choisir dans* K *une suite de nombres* $\omega_1, \omega_2, \ldots$, *de sorte que chaque nombre* ω *de* K *se laisse représenter d'une manière univoque dans la forme*

$$\omega = \rho^k \omega_1^{\alpha_1} \omega_2^{\alpha_2} \ldots \omega_n^{\alpha_n} \qquad \begin{pmatrix} k = 0, 1, \ldots, m-1 \\ \alpha_r = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \end{pmatrix}.$$

Les ω_r *peuvent même être choisis parmi les nombres entiers du corps.*

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur la conservation et l'origine du magnétisme terrestre.* Note [1] de M. **Kr. Birkeland.**

J'ai montré dans une Note précédente comment le mouvement des ions et des électrons autour du Soleil servait à augmenter le magnétisme solaire. Nous allons voir maintenant si nous pouvons nous imaginer de quelle façon l'émission des électrons solaires dans l'espace peut donner naissance au magnétisme terrestre.

Je pense qu'il existe à présent autour de la Terre magnétique un système de rayons hélio-cathodiques, dont je n'ai cessé depuis 15 ans de chercher à révéler les traits les plus caractéristiques. Il s'y trouve par exemple dans le plan de l'équateur un anneau, où les rayons circulent nécessairement de façon à augmenter le magnétisme terrestre. Mais de tels rayons ne pouvant, par leur action magnétique directe, rendre compte de plus de $\frac{1}{40}$ de la force magnétique terrestre, il faut chercher si ce système de rayons extérieurs peut créer, par induction dans la Terre en rotation, des courants qui puissent expliquer les variations diurnes du magnétisme terrestre et même le magnétisme général de la Terre.

Il est cependant impossible de penser qu'un tel système extérieur donne naissance par induction à des courants électriques circulant toujours dans le même sens autour de l'équateur, à l'intérieur de la Terre, parce que, même pour ces rayons pour lesquels $H.\rho$ doit être de l'ordre 10^6, il faut que l'intégrale curviligne de courant autour de l'équateur soit zéro.

Mais le système extérieur hélio-cathodique crée par induction des courants telluriques; il en existe plusieurs espèces qui changent de direction pendant la journée. Or je pense être d'accord avec la théorie électronique en admettant que cet échange perpétuel des électrons à travers toute la Terre magnétique ait pour conséquence qu'un certain nombre de ces électrons filants arrivent par hasard à tourner autour des aimants élémentaires dans l'équateur, ou autour des groupes de ceux-ci, qui, comme nous le savons, ont leur pôle Sud magnétique dans leur partie Nord.

Dans certaines conditions exposées ci-dessous, le magnétisme terrestre se trouvera toujours augmenté, *quelle que soit la direction des courants telluriques*, pourvu que ceux-ci ne soient nulle part assez forts pour désorien-

---

(1) Reçue dans la séance du 30 juin 1913.

ter complètement les aimants élémentaires. Il se crée de cette façon des tourbillons d'électrons, peut-être de nouveaux *magnétons* de Weiss (¹).

On peut croire qu'un équilibre s'est établi au cours des temps dans la Terre et que le nombre des tourbillons d'électrons créés équivaut au nombre des tourbillons évanouis. L'idée des courants particulaires d'Ampère peut, pour les corps magnétiques en général, se maintenir probablement mieux dans cette nouvelle forme.

Admettons un atome positif en rotation rapide, entouré de n électrons en révolution, tous dans le même plan et dans le même sens; ce système constituant un aimant élémentaire semble, d'après mes expériences, pouvoir être stabile. Il a une certaine ressemblance avec un disque électrique en rotation, cas traité par Voigt (²).

Un nouvel électron arrivant par hasard dans des conditions convenables vers notre système élémentaire sera amené par les forces magnétiques du système à tourner dans le même plan et dans le même sens que les autres n électrons.

Est-ce pour cela que Weiss a trouvé que *les magnétons d'un même atome seraient rigoureusement parallèles entre eux?*

Schuster a dit à propos de l'origine du magnétisme terrestre (³) : « Whatever wiew we adopt, we cannot escape introducing some new phenomenon for which there is at present no experimental evidence ... ». Dans l'opinion de Schuster et de Kelvin, c'est la grandeur de la Terre qui constitue dans ce cas un point très essentiel. Peut-être faut-il prendre en considération des périodes de temps assez longues.

Il est généralement admis que l'écorce fortement magnétisable de la Terre est extrêmement mince par rapport à son rayon. D'après les résultats de Barlow, il est donc fort possible que, dans l'intérieur de la Terre non magnétisable encore, ce soit toujours le faible champ produit par le système extérieur hélio-cathodique qui règne. Je suppose maintenant que lorsque l'écorce magnétisable s'est épaissie par suite du refroidissement de la Terre, les aimants élémentaires ont reçu, dans les strates intérieurs nouvellement formés, une orientation qui, en raison de l'énorme pression, n'a pu être

(¹) *La constitution de la matière*, Paris 1913, p. 332 et 361. Conférences de Pierre Weiss et de Henri Poincaré.

(²) W. Voigt, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 1902, p. 142.

(³) Schuster, *On causes of terrestrial Magnetism* (*Proc. Phys. Soc.*, V, t. XXIV, 1912, p. 125).

modifiée depuis lors ni par les forces dérivant de l'énergie potentielle ni par l'énergie cynétique des molécules.

Je viens de commencer des expériences en vue de me rendre compte s'il est possible de vérifier mon hypothèse sur une échellle de laboratoire.

Étant admis que la conservation du magnétisme terrestre se produit comme nous venons de le dire, il nous reste à expliquer son origine : l'aimantation primitive de la Terre d'abord non magnétique, mais tournant dans un océan de rayons hélio-cathodiques.

Remarquons d'abord que, dans ce cas, les parties de la terre vers 6^h du soir et celles vers 6^h du matin seront tous les jours aimantées en sens contraire. Mais les rayons du côté soir seront courbés dans le sens de la rotation de la Terre, déviés qu'ils sont par les parties aimantées par eux-mêmes, de sorte que l'aimantation des parties terrestres de ce côté, *se prolongera* de plus en plus, tandis que ces mêmes parties, en arrivant vers le côté matin, et pourvu qu'il existe encore, par suite d'une force coercitive, un peu de magnétisme rémanent, chercheront à recourber les rayons de telle façon qu'ils s'éloignent de la Terre. Du côté matin, les choses se passent autrement.

Il doit résulter de cet ensemble de circonstances que les rayons forment finalement autour de la Terre un anneau équatorial et que l'aimantation générale se développe alors par un renforcement successif, comme nous l'avons expliqué plus haut. Nous verrons plus tard que notre théorie semble pouvoir s'appliquer à la rotation qu'on suppose que l'axe magnétique exécute autour du pôle géographique.

PHYSIQUE. — *Sur l'obtention aisée de températures atteignant — 211° par l'emploi de l'azote liquide.* Note de M. **Georges Claude**, transmise par M. d'Arsonval.

Je crois utile de signaler la simplicité avec laquelle il est possible, en l'absence d'hydrogène liquide encore difficile à se procurer, d'atteindre en quelques minutes la température de solidification de l'azote, soit — 211°, quand on dispose de l'azote liquide que peuvent fournir aujourd'hui de nombreuses usines.

Le procédé que j'ai employé à cet effet, dont le principe est d'ailleurs bien connu, est souvent beaucoup plus commode, plus rapide et permet d'opérer avec un matériel restreint sur des quantités d'azote liquide plus importantes que l'évaporation dans le vide.

On sait que quand on fait passer dans un gaz liquéfié un courant d'air rapide, le liquide est refroidi très au-dessous de son point d'ébullition normal. M. J. Duclaux, en particulier, a étudié ce phénomène (¹) et a montré qu'on pouvait atteindre ainsi, sans récupération de froid, une température approximativement égale à la moitié de la température critique absolue du liquide.

J'ai eu l'occasion d'utiliser ce procédé, dans le cas de l'azote liquide, en employant l'hydrogène comme gaz refroidisseur. L'azote liquide à refroidir remplit jusqu'à 4^{cm} du bord une éprouvette d'Arsonval-Dewar de 6^{cm} de diamètre intérieur et 30^{cm} de hauteur utile. Dans cette éprouvette plonge un tube ouvert qui constitue l'extrémité d'un serpentin de 12 spires d'un tube de cuivre de 6^{mm} de diamètre intérieur enroulé en 12 spires de 7^{cm} de diamètre. Ce serpentin, refroidi dans un autre bain d'azote liquide, est traversé par un courant d'hydrogène fourni par une bouteille du commerce et qu'il est inutile de dessécher si la pression de la bouteille est élevée. Cet hydrogène se refroidit dans le serpentin et traverse tumultueusement le liquide du récipient argenté, dont la température est suivie à l'aide d'une résistance étalonnée. Le happage de l'air extérieur par le liquide très froid est évité en recouvrant l'éprouvette argentée d'un carton d'amiante percé d'un trou de 1^{cm} de diamètre, qui laisse seulement l'hydrogène s'échapper.

Le courant d'hydrogène est utilement aussi intense que possible. Pour ne pas projeter trop violemment le liquide au dehors, on le limite d'abord à 20^{l} ou 25^{l} par minute et, à mesure qu'il y a plus de place libre dans l'éprouvette, on le pousse progressivement à 50^{l} ou 60^{l}.

Dans ces conditions, le refroidissement est très rapide. J'ai noté dans un essai -200° après 2 minutes, -206° après 6 minutes, -210° après 12 minutes. A partir de ce moment, on est sensiblement en régime, car après 20 minutes on n'est qu'à -211°, température limite qui correspond d'ailleurs à la lente congélation de l'azote : ceci fournit un point fixe, d'un usage aussi commode que celui des points d'ébullition de l'oxygène et de l'azote, soit qu'on prolonge le courant d'hydrogène, car la congélation se poursuit lentement, soit qu'on arrête ce courant, car les parties congelées se reliquéfient. C'est ainsi que dans cet essai, j'ai noté la constance de la température à $0^{o},1$ près, pendant 8 minutes après l'arrêt de l'hydrogène, tandis qu'elle se met ensuite à remonter de $0^{o},05$ par minute. C'est une chose assez singulière que le courant d'hydrogène peut être arrêté entièrement sans que l'air extérieur soit condensé par ce liquide très froid, à la condition, bien entendu, que le vase soit préservé de toute agitation.

Dans l'essai ci-dessus relaté, il restait encore dans l'éprouvette, à la cessation du courant d'hydrogène, les $\frac{2}{3}$ du volume, soit près de $0^{l},5$, du liquide à -211°; la dépense d'hydrogène avait été de $0^{m^3},6$ d'hydrogène et la quantité d'azote liquide évaporée dans le bain refroidisseur de $0^{l},8$ environ. Le procédé pourrait naturellement être amélioré au point de vue

---

(¹) *Revue générale des Sciences*, 1909, p. 873.

économique, mais aux dépens de sa commodité et de sa simplicité d'emploi, et en supprimant notamment le grand avantage d'opérer en vase ouvert, en récupérant le froid d'une façon analogue à celle qui a été décrite par M. J. Duclaux ([1]).

Avec le même dispositif expérimental que ci-dessus, l'oxygène liquide subit un abaissement de température plus important que l'azote, car on n'est pas, avec lui, limité par la congélation. Toutefois, comme on part de $-182^{\circ},5$, on n'aboutit qu'à -204°. L'emploi de l'azote liquide est donc à tous égards préférable.

Dans l'un et l'autre des cas indiqués ci-dessus, surtout dans le dernier, on tombe, comme on voit, notablement au-dessus de la moitié de la température critique. Pour atteindre avec l'oxygène la même température par réduction de pression, il faudrait le faire bouillir dans 5^{cm} de mercure. Le résultat obtenu est donc très remarquable.

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption des flammes colorées.* Note ([2]) de MM. **R. Ladenburg** et **F. Reiche**, transmise par M. G. Gouy.

Il y a plus de trente ans que M. Gouy ([3]) trouva que l'absorption d'une flamme colorée pour les raies étroites qu'elle émet est loin d'être complète et qu'il pouvait calculer d'après ses mesures l'éclat des raies en fonction du produit de l'épaisseur de la couche par la densité de la vapeur métallique.

Les lignes suivantes donnent une comparaison de ces résultats importants avec les relations fournies par la théorie électronique de la dispersion.

D'après cette théorie ([4]), l'absorption d'une couche homogène de vapeur dans une seule région étroite du spectre est causée par des centres résonnants, caractérisés par leur nombre N par centimètre cube, par leur fréquence de résonance ν_0, la masse m, la charge e et le coefficient de l'amortissement ([5]) ν'. Qu'on admette que l'intensité

([1]) *Revue générale du Froid*, février 1912, p. 62.

([2]) Reçue dans la séance du 7 juillet 1913.

([3]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XVIII, 1879, p. 5-101.

([4]) Voir par exemple W. Voigt, *Magneto- u. Elektrooptik*. Leipzig, 1908.

([5]) D'après les recherches de M. H.-A. Lorentz (*Amst. Proc.*, 1906), les équations suivantes restent les mêmes si l'on admet, au lieu d'un amortissement réel, que les oscillations régulières des résonateurs sont troublées de temps en temps par les chocs des molécules et que le temps moyen entre deux chocs est égal à la valeur $\frac{2}{\nu'}$.

frappant notre couche de l'épaisseur l ait une valeur constante dans les limites $\nu = \nu_0 - \delta$ jusqu'à $\nu = \nu_0 + \delta$, on trouve pour le pouvoir d'absorption de la couche la valeur

$$A = \frac{1}{2\delta}\int_{\nu_0-\delta}^{\nu_0+\delta}\left(1 - e^{-2nk\frac{\nu l}{c}}\right)d\nu;$$

où le coefficient d'extinction nk est une fonction connue ([1]) de ν, ν_0, ν', etc. En adoptant cette fonction, nous trouvons comme première approximation ([2])

$$A = \frac{R}{2\delta} = \frac{\pi}{2\delta}\frac{r}{2}\nu'\varepsilon^{-\frac{r}{2}}\left[I_0\left(\frac{ir}{2}\right) - iI_1\left(\frac{ir}{2}\right)\right],$$

où $I_0(x)$ et $I_1(x)$ sont les deux premières fonctions de Bessel, $i = \sqrt{-1}$,

$$r = 4\pi N\frac{e^2}{m}\frac{l}{cn_0},$$

et n_0 l'indice de réfraction de la couche admis constant dans la région $\nu_0 - \delta$ jusqu'à $\nu_0 + \delta$. D'après le théorème de Kirchhoff, nous calculons le pouvoir émissif de notre couche et nous trouvons pour le rapport ([3]) K, suivant lequel s'accroît l'éclat de la raie émise par la couche quand l'épaisseur est doublée :

$$K = \frac{R(2l)}{R(l)} = 2e^{-\frac{r}{2}}\frac{I_0(ir) - iI_1(ir)}{I_0\left(\frac{ir}{2}\right) - iI_1\left(\frac{ir}{2}\right)}.$$

Pour une grande valeur de r, il s'ensuit la valeur universelle

$$K = \sqrt{2} = 1,414,$$

et en deuxième approximation

$$K = \sqrt{2} - 0,293\sqrt{\frac{\sigma}{\pi\delta^2}}, \qquad \text{où} \qquad \sigma = r\nu'^2.$$

Ce résultat est d'accord avec les mesures citées de M. Gouy, qui a trouvé pour les flammes colorées par des divers métaux que la limite du rapport K ne diffère pas beaucoup de $\sqrt{2}$.

Qu'on admette de plus que la température d'une flamme colorée ([4]) et le

---

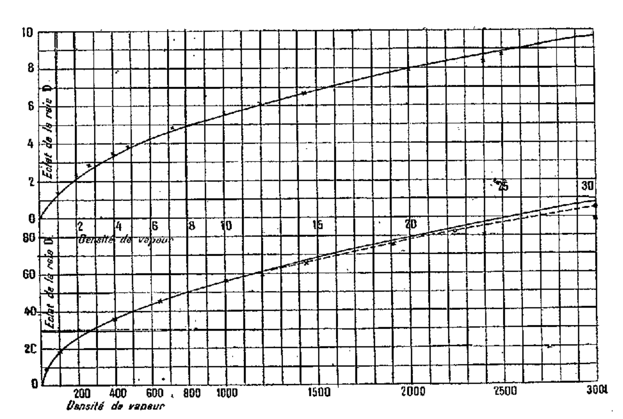
([1]) $nk = 4\pi N\frac{e^2}{m}\frac{\nu\nu'}{2n_0[(\nu_0^2 - \nu^2)^2 + \nu^2\nu'^2]}$ (voir Voigt, *loc. cit.*).

([2]) Pour la deuxième approximation et pour les calculs détaillés, voir le Mémoire allemand qui paraîtra prochainement.

([3]) Voir Gouy, *loc. cit.*

([4]) Voir la dissertation de M[lle] H. Kohn, Breslau 1913 (pas encore publiée).

coefficient ν' ne changent pas avec la densité de vapeur [1], on peut calculer comment l'éclat d'une raie spectrale émise par la flamme dépend du nombre des résonateurs ou de la densité de la vapeur. C'est ainsi que sont obtenues, dans la figure ci-dessous, la courbe en trait plein (première



approximation) et la courbe ponctuée (deuxième approximation). Les points obtenus par M. Gouy (raie D) sont marqués par des croix [2]; on voit qu'ils sont assez bien d'accord avec la théorie.

Si l'on admet, au contraire, que l'intensité des raies considérées soit réglée, non par la théorie de dispersion, mais par la théorie de Rayleigh selon l'effet Doppler, on trouve pour la limite du rapport K les valeurs 1,13, ..., 1,05 en désaccord total avec les expériences de M. Gouy. C'est pourquoi nous voyons dans la concordance de ces expériences et de notre théorie un argument en faveur de la dernière, et nous sommes d'avis que l'effet Doppler peut être négligé en première approximation pour les raies considérées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation des molécules en atomes considérée comme un des facteurs de la vitesse de réaction.* Note de M. E. **Briner**, présentée par M. G. Lemoine.

I. Nous avons montré précédemment [3] la nécessité de tenir compte de la dissociation des molécules en atomes dans l'équilibre des systèmes homo-

(1) Cette supposition n'est pas en contradiction avec les phénomènes de l'élargissement des raies spectrales aux flammes (voir Ladenburg, *Ann. der Physik*, t. XXXVIII, 1912, p. 249).

(2) Les unités ne sont pas celles de M. Gouy.

(3) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1149.

gènes gazeux aux températures élevées. Dans la progression de ces systèmes vers l'équilibre, les atomes jouent également un rôle important, qui doit commencer bien au-dessous des températures auxquelles leur concentration est appréciable.

Cette idée de l'intervention des atomes est déjà ancienne et a été exprimée par plusieurs chimistes d'après des conceptions cinétiques : en effet, les molécules d'un gaz sont à toutes les températures, les unes supérieures, les autres inférieures à la moyenne (Maxwell); les molécules plus chaudes subiront la dissociation correspondant à leur température, d'où une succession continuelle de libérations et de recombinaisons des atomes. C'est en particulier à l'existence d'atomes libres qu'on a attribué l'activité des éléments à l'état naissant et certains phénomènes catalytiques.

On peut également ramener à l'action des atomes : le pouvoir catalytique des corps poreux, ceux-ci, selon J. Duclaux ([1]), contribuant à élever localement ([2]) la température et la pression; l'adsorption physique des gaz dans les métaux, qui, d'après Sieverts ([3]), doit se faire sous forme d'atomes. Ces derniers étant continuellement présents, on conçoit facilement que les échanges entre les phases solide et gazeuse puissent s'effectuer sélectivement par les atomes plutôt que par les molécules, ce qui explique l'activité chimique des parois métalliques.

II. Les vérifications modernes des théories cinétiques donnent plus de poids à ces conceptions et les mesures récentes des coefficients de dissociation à hautes températures, de molécules d'éléments ou de composés, permettent de les mieux préciser. Pour fixer les idées, considérons une masse gazeuze à 500°, on peut estimer approximativement à $\frac{1}{100}$ la proportion des molécules qui ont plus de 1300° et à $\frac{1}{1000}$ celle des molécules qui ont plus de 1800°; or, si cette masse gazeuse est un mélange de vapeur d'iode (coefficient de dissociation à 1300° = 60 pour 100) et d'hydrogène (coefficient de dissociation à 1800° = 2 pour 100), on est en droit d'attribuer aux atomes H et I, ainsi mis en liberté, un rôle essentiel dans la formation de HI, ce qui conduit à écrire le mécanisme de cette réaction

$$I_2 \rightarrow 2I, \qquad H_2 \rightarrow 2H, \qquad I + H \rightarrow HI.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1176 et t. 153, 1911, p. 1217.

([2]) Partant d'idées analogues, G. Baume (*Arch. Sc. phys. et nat.*, t. XXXIII, 1912, p. 415) considère comme catalyseurs physiques ceux qui opèrent à la façon d'agents physiques, tels que température et pression.

([3]) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, t. XLVI, 1913, p. 1238.

L'affinité de l'atome H pour l'atome I, qui est très grande par rapport à celle de la molécule H_2 pour la molécule I_2, rend d'ailleurs ce mécanisme parfaitement plausible [1]. On explique aisément aussi par ce mécanisme l'inertie remarquable de l'azote à température peu élevée : les molécules d'azote sont très stables [2] et ne donneront que peu d'atomes libres. A cet égard, l'inertie de l'azote ne peut être comparée à celle des gaz rares de l'atmosphère (argon, hélium, etc.), pour lesquels c'est l'atome même qui est dénué d'affinité. Cette interprétation cinétique de l'inertie chimique, qui la fait dépendre de la résistance de la molécule à la dissociation, nous paraît plus acceptable que celle qui consiste à l'attribuer à un frottement chimique mal défini.

III. Les considérations qui précèdent fournissent de plus une base théorique pour une relation *entre la vitesse de réaction et la température* [3]. Pour tenir compte du rôle des atomes, il suffit d'admettre, comme l'ont fait Arrhénius et Ostwald à l'égard des ions, que cette vitesse est, à chaque instant, proportionnelle à la concentration des atomes libres. Alors, la constante de dissociation, soit la constante d'équilibre, servira également à caractériser la vitesse de réaction en milieu homogène gazeux. Cette constante, pour un élément ou un composé dont la molécule fournit deux atomes, est représentée par

$$K = \frac{x^2}{(1-x)v},$$

(x coefficient de dissociation, v volume occupé par la molécule-gramme). En faisant varier la température, la vitesse de réaction variera comme K et, les variations de ce terme étant soumises à la formule de Van't Hoff, on ramènera ainsi la résolution d'un problème de cinétique chimique à celle d'un problème d'équilibre. Si Q [4] est la chaleur de formation de la molé-

---

(1) Chaleur de formation de HI à partir des atomes $= 83^{Cal}$; à partir des molécules $= 41^{Cal},5$ (BRINER, *Comptes rendus*, *loc. cit.*).

(2) BRINER, *Comptes rendus*, *loc. cit.*

(3) Comme tentatives récentes d'établissement d'une relation de ce genre, citons celle de Trautz (voir, pour la bibliographie, *Zeits. Elektroch.*, t. XXVIII, p. 909), qui a été amené, par une voie différente, à faire intervenir les atomes, et celle de Berthoud (*J. Chim. phys.*, t. X, 1912, p. 573), qui suppose l'existence de molécules instables.

(4) Ainsi que nous l'avons montré, Q est une quantité essentiellement positive; si Q désigne la chaleur de formation à partir des molécules, ces expressions seront évidemment dérivées de leur sens cinétique, Q pouvant être négatif.

cule à partir des atomes, les variations de la vitesse avec la température seront données par

$$\frac{d\,ln\,K}{dT} = \frac{Q}{RT^2}, \qquad \text{d'où} \qquad ln\,K = -\frac{Q}{RT} + \text{const.}$$

en supposant Q constant dans l'intervalle d'intégration. Il en résulte que les vitesses sont des fonctions exponentielles de la température et que leur coefficient de température diminue avec l'élévation de celle-ci, ce qui est conforme aux faits. Il est intéressant de constater que l'hypothèse, émise par Arrhénius (1), de l'intervention de molécules *actives* et de la formation de produits intermédiaires d'addition, conduit à une relation analogue, ce qui donne à la forme exponentielle des expressions, ainsi obtenues, un caractère de généralité, d'ailleurs corroboré par l'expérience : les basses températures favorisant les produits d'addition, les hautes températures favorisant les dissociations.

Ces formules ne sont exactes que si la concentration des atomes est le seul facteur agissant; pour tenir compte des actions perturbatrices, telles que celles exercées par les parois des récipients, ces relations doivent être complétées par des termes correctifs. A titre d'exemple, nous les avons appliquées telles quelles aux vitesses de décomposition de NO aux températures élevées (2), ce qui nous a conduit, pour la chaleur de formation de ce corps à partir des atomes, à des valeurs comprises entre 250^{cal} et 300^{cal}, qui sont bien de l'ordre de grandeur des chaleurs de formation de N^2 et O^2 (à partir des atomes).

PHOTOCHIMIE. — *Photocatalyse négative de l'eau oxygénée.* Note de MM. **Victor Henri** et **René Wurmser**, présentée par M. Dastre.

On sait que beaucoup de ferments solubles sont inactifs dans les sucs de sécrétion directe, et qu'ils ne deviennent actifs que par l'addition de diffé-

(1) *Zeits. phys. Chem.*, t. IV, p. 28, 231 et 417.

(2) Les actions des parois deviennent, en effet, de moins en moins importantes à mesure que la température s'élève (Briner, *J. Chim. phys.*, t. X, 1912, p. 142); d'ailleurs, la décomposition de NO paraît peu influencée par ces actions, si les récipients ne sont pas en métal (Briner et Boubnoff, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 228). Les vitesses de décomposition utilisées dans ce calcul sont empruntées à Jellineck (*Z. anorg. Chem.*, t. XLIX, 1906, p. 229).

rents corps; on dit alors qu'on a affaire à des *proferments* qui sont activés par des *coferments*, *kinases*, *sensibilisatrices*, etc. Telles sont, par exemple, la propepsine activée par l'acide chlorhydrique, la protrypsine activée par les sels de Ca, Mg, Ba; l'amylase, inactive en l'absence d'électrolytes, activée par différents sels; de même aussi l'invertine, la maltase, etc.; enfin le rôle du manganèse dans l'action des différentes oxydases est universellement connu.

On connaît, d'autre part, un très grand nombre de corps qui, en quantité extrêmement faible, ralentissent ou même arrêtent l'action des diastases, ce sont comme on dit les *poisons de ferments*, les *antiferments*, etc.

Enfin tous les ferments sont très sensibles à la réaction du milieu, la vitesse d'action est très fortement influencée par les ions H_+ ou OH_-.

Tous ces faits ont été expliqués par la théorie colloïdale des diastases, d'après laquelle le *coferment* ou l'*antiferment* forme avec les granules colloïdaux du ferment des complexes, produit des coagulations partielles ou forme une pellicule autour des granules.

Cette théorie colloïdale s'appuie surtout sur les recherches classiques de Bredig et de ses élèves, qui ont montré que les métaux colloïdaux possèdent un grand nombre de propriétés communes aux diastases et leur ont donné le nom de *ferments anorganiques*. Ainsi, par exemple, le platine colloïdal agissant sur l'eau oxygénée est empoisonné par H^2S à la concentration de $\frac{n}{300\,000}$, par l'iode à $\frac{n}{5\,000\,000}$, etc.

Tous ces faits ont été toujours expliqués par la théorie de l'action du poison sur le catalysateur.

Nous pensons que, dans un grand nombre de cas, cette théorie doit être modifiée, *l'action d'activation ou de paralysie porte non pas sur le ferment, mais sur le corps à transformer*. De très faibles quantités de corps très différents additionnés à de l'eau oxygénée, à des sucres, en général à des corps de constitution moléculaire relativement simple, modifient souvent d'une façon notable la facilité avec laquelle les molécules de ces corps peuvent entrer en réaction, c'est-à-dire modifient ce que nous avons appelé la *labilité* de ces molécules (*Comptes rendus*, 30 juin 1913). Il en résulte qu'un même catalysateur transformera avec des vitesses très différentes le corps rendu ainsi plus ou moins labile.

Cette conclusion générale résulte d'expériences que nous avons faites sur différentes réactions photochimiques. L'un de nous avait déjà montré précédemment, avec MM. Bierry et Ranc, que l'action des rayons ultraviolets

sur différents sucres est activée par l'addition de très faibles doses d'acide; les ions H_+ rendent donc les molécules de sucre plus facilement décomposables.

Des expériences nouvelles que nous présentons maintenant montrent que l'action des rayons ultraviolets sur l'eau oxygénée est très sensible : 1° aux ions H_+ et OH_-, et 2° à des traces de *poisons* différents, tels que le sublimé, le cyanure de potassium, l'iode, l'hydrogène sulfuré, l'hyposulfite de sodium. Les Tableaux suivants donnent les vitesses de décomposition de l'eau oxygénée par les rayons ultraviolets en présence de ces différents corps. La vitesse de décomposition en solution aqueuse pure est représentée par 100. La concentration de l'eau oxygénée était égale à $\frac{n}{20}$.

		Solutions acides H^2SO^4.					Solutions alcalines NaOH.		
	$H^2O^2\ \frac{n}{20}$.	$\frac{n}{20000}$.	$\frac{n}{4000}$.	$\frac{n}{2000}$.	$\frac{n}{200}$.	$\frac{n}{20}$.	$\frac{n}{20000}$.	$\frac{n}{2000}$.	$\frac{n}{200}$.
Vitesses des réactions.	100	93	66	40	33	33	60	20	0

	H^2O^2	I^2	$HgCl^2$	KCN	$S^2O^3Na^2$	H^2S	H^2S
	$\frac{n}{20}$.	$\frac{n}{2000000}$.	$\frac{n}{40000}$.	$\frac{n}{6000}$.	$\frac{n}{2000}$.	$\frac{n}{1000000}$.	$\frac{n}{10000}$.
Vitesses......	100	60	33	76	26	75	14

On voit que la soude ralentit la réaction photochimique bien plus fortement que l'acide. Ce résultat est inattendu puisque la soude décompose elle-même lentement l'eau oxygénée à l'obscurité et pour NaOH $\frac{n}{200}$ cette décomposition se produit exactement avec la même vitesse lorsqu'on irradie la solution alcaline d'eau oxygénée.

Lorsqu'on additionne l'eau oxygénée d'une quantité très faible d'iode, la réaction photochimique se trouve ralentie; nous avons suivi cette réaction depuis le début jusqu'à la fin, elle se produit toujours avec une vitesse ralentie, de sorte que l'action retardatrice de l'iode ne s'épuise pas. Il en est de même de l'acide sulfurique.

Nous ne pouvons pas encore donner une explication générale de ces influences de catalyse négative exercées par toute une série de corps sur la décomposition photochimique de l'eau oxygénée. La mesure des spectres d'absorption ne donne en général aucune variation sensible; seulement dans le cas de la soude, une faible quantité d'alcali produit une exaltation très notable de l'absorption des rayons ultraviolets.

En résumé : 1° l'eau oxygénée additionnée de traces de différents corps devient stable vis-à-vis des rayons ultraviolets; 2° il y a lieu de penser que dans beaucoup de cas de catalyse par les ferments et par les métaux colloïdaux l'action des poisons ou des coferments porte sur le corps à transformer et non sur la diastase ou le catalysateur; 3° il existe une relation très étroite entre l'action de certains ferments et celle des rayons ultraviolets; ainsi que l'ont montré à un autre point de vue Bierry, V. Henri et Ranc déjà en 1910 (*Comptes rendus*, 25 juillet 1910).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la séparation quantitative du chrome et de l'aluminium. Analyse de la chromite.* Note de MM. **F. Bourion** et **A. Deshayes**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. Dans une Communication précédente (1) nous avons montré qu'en faisant agir, dans des conditions convenables, un mélange de chlore et de bichlorure de soufre sur un mélange, en toutes proportions, d'oxydes chromique et ferrique, le chrome se séparait quantitativement à l'état de chlorure chromique Cl^3Cr insoluble, du fer transformé en chlorure ferrique Cl^3Fe soluble.

Nous avons cherché à étendre la méthode à un cas voisin, la séparation du chrome et de l'aluminium, qui s'en distingue toutefois en ce que : 1° l'alumine est plus difficile à chlorurer que l'oxyde ferrique; 2° le chlorure d'aluminium forme comme on sait une combinaison double avec le chlorure de soufre.

En soumettant à l'action chlorurante le mélange d'oxyde chromique et d'alumine, dans les mêmes conditions que celles utilisées à la séparation du fer et du chrome, nous avons obtenu, dans l'ensemble, des résultats satisfaisants; indiquons seulement les faibles différences observées dans les circonstances qui accompagnent les deux opérations :

1° La perte au feu à laquelle donnent lieu les mélanges d'oxydes de chrome et d'aluminium est beaucoup plus considérable que dans le premier cas, et elle peut atteindre 9 pour 100 dans des mélanges de teneur en alumine supérieure à 50 pour 100;

2° Pour obtenir des résultats exacts, il est nécessaire d'ajouter aux oxydes, du sulfate d'ammoniaque, pour des mélanges à plus de 20 pour 100 d'oxyde chromique (30 pour 100 dans le cas 1°);

3° Avec des mélanges dont la teneur en oxyde chromique est inférieure à 50 pour 100,

---

(1) Bourion et A. Deshayes, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1769.

il y a toujours un faible résidu inattaqué, généralement blanc (alumine) parfois vert (oxyde chromique); on voit donc que ces mélanges s'attaquent plus difficilement que ceux d'oxydes chromique et ferrique; d'ailleurs, tout le chlorure chromique est volatilisé;

4° Les mélanges à plus de 60 pour 100 d'oxyde chromique se comportent comme les mélanges correspondants d'oxydes de chrome et de fer;

5° La dissolution dans l'eau de la combinaison (partiellement fondue) des chlorures d'aluminium et de soufre se fait avec un grand dégagement de chaleur, sans formation appréciable de soufre.

Voici les résultats obtenus avec les mélanges suivants :

	Cr^2O^3 pour 100.		Al^2O^3 pour 100.	
	Pris.	Observé.	Pris.	Observé.
1..............	1,20	1,20	98,80	»
2..............	3,70	3,64	96,30	96,01
3..............	7,13	7,26	92,87	»
4..............	16,10	15,92	83,90	83,84
5..............	27,74	27,80	72,26	72,44
6..............	50,59	50,47	49,41	49,68
7..............	68,11	67,99	31,89	32,40
8..............	80,93	81,16	19,07	19,02

L'alumine provenant de cette séparation a toujours une légère teinte verte due à un entraînement très faible d'oxyde chromique, sans influence appréciable sur les nombres observés.

II. Nous avons ensuite appliqué cette méthode à l'analyse de la *chromite* qui est, en principe, un chromite de fer Cr^2O^3, FeO du groupe des spinelles, et qui est la plupart du temps accompagnée de spinelle ordinaire Al^2O^3, MgO et d'une gangue plus ou moins importante.

La chromite étudiée ici contenait des oxydes de chrome, de fer, d'aluminium, de magnésium, un peu de chaux et de la silice.

Soumise à l'action chlorurante, dans les conditions précisées précédemment, elle n'a donné lieu qu'à une attaque incomplète car, si longtemps qu'on la prolonge, elle ne porte pas sur plus des $\frac{3}{4}$ de la masse expérimentée.

Nous avons alors réalisé une chloruration complète de ce minéral, en le chauffant au préalable avec du sulfate mercurique, à une température qu'on élève graduellement jusqu'au rouge; on effectue ainsi une attaque à température élevée, par l'acide sulfurique, qui transforme les sels du mélange en sulfates que la chaleur décompose ensuite partiellement; on n'introduit pas ainsi de réactif fixe.

Le minéral ainsi préparé, traité par le mélange chlorurant comme il a été dit, éprouve en 5 heures une chloruration complète (à l'exception de la silice).

Les éléments du mélange sont alors séparés en trois groupes :

1° Les corps fixes qui restent dans la nacelle renfermant la fraction de silice inattaquée et les chlorures fixes de magnésium et de calcium;

2° Parmi les chlorures volatilisés, le chlorure de chrome est insoluble dans l'eau et recueilli sur creuset de Gooch;

3° Les chlorures volatils de fer et d'aluminium sont très solubles dans l'eau.

En retranchant de la masse du résidu de la nacelle la masse, très faible, de silice insoluble, on a la somme des masses de chlorures de magnésium et de calcium. On en déduit aisément la proportion de magnésie, par la connaissance de la petite quantité de chaux que fournit une précipitation par l'oxalate d'ammoniaque.

Voici les résultats relatifs à un essai particulier :

	Pour 100.
Cr^2O^3..........	38,66
Fe^2O^3.......... / Al^2O^3..........	43,66
MgO..........	16,82 (déduit du poids de chlorure) / 16,36 (dosé à l'état de $P^2O^7Mg^2$)
CaO..........	0,19
SiO^2 (inattaqué).	1,33

Le procédé classique d'attaque par le bioxyde de sodium a donné une proportion un peu plus faible d'oxyde chromique, égale à 37,88 pour 100.

En résumé, le procédé que nous indiquons permet une analyse rapide de la chromite, puisqu'elle classe immédiatement en trois groupes les éléments du mélange. On remarquera, toutefois, qu'elle ne permet pas le dosage de la silice.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Statistique et affinités du peuplement végétal de la Chaouïa*. Note de M. **C.-J. Pitard**, présentée par le Prince Bonaparte.

Le nombre des espèces que nous avons actuellement rencontrées en Chaouïa atteint 850, dont 657 Dicotylédones, 180 Monocotylédones, 2 Conifères et 11 Cryptogames vasculaires. Ce chiffre est assez faible par rapport à la superficie de la région parcourue. Il était cependant prévisible par suite de l'absence de grands accidents de terrain et surtout de l'étendue considérable des champs consacrés aux moissons.

Ces 850 espèces se répartissent en 525 genres et 96 familles. Les Légumineuses dominent, fait exceptionnel, avec 107 espèces, les Composées ne viennent qu'après elles avec 100 espèces, suivies par les Graminées 84, Ombellifères 40, Labiées 33, Caryophyllées 31, Crucifères 30, Renoncula-

cées 18, Scrofulariées 18, Cypéracées 18, Liliacées 17, Boraginées 16, Polygonées 13, Euphorbiacées 13, Géraniacées 12, Solanées 12, Rubiacées 11, Campanulacées 11, Salsolacées 11, Plombaginées 10, Joncées 10 espèces, etc.

Nous remarquons ainsi, pour la flore atlantique, une abondance relativement considérable d'espèces de Légumineuses, Caryophyllées, Cypéracées, Polygonées, Campanulacées, Joncées, etc., par contre, une réduction dans le nombre des espèces de Labiées, Crucifères, Scrofulariées, Boraginées, Rubiacées, etc.

Les endémiques du Maroc que nous avons rencontrées en Chaouïa sont au nombre de 31, dont 11 nouvelles. Ce sont : *Reseda Battandieri* Pitard, *Erodium Moureti* Pitard, *Spergularia Pitardiana* Hy, *Lythrum bicolor* Battandier et Pitard, *Eryngium atlanticum* Batt. et Pit., *Amberboa ramosissima* Pitard, *A. atlantica* Pitard, *Convolvulus Pitardi* Battandier, *C. Gharbensis* Batt. et Pit., *Scirpus Pitardi* Trabut, *Gaudinia maroccana*, Trabut.

Les 20 autres sont des endémiques des régions septentrionale ou méridionale du Maroc. Elles se répartissent en 5 septentrionales, précédemment signalées dans une seule localité : *Ononis Schousbœi* Coss. (Tanger), *Thymelea lythroides* Bar. et Murb. (forêt de Tamara), *Romulea Engleri* Beg. (Tanger), *Ammochloa involucrata* Murb. (Larache) et *Poa dimorphantha* Murb. (Casablanca). Enfin 15 autres appartiennent au Maroc méridional ou à la région de Mogador et de même que les précédentes n'ont été mentionnées le plus souvent qu'en un seul endroit. Ce sont : *Malcolmia Broussonetii* Boiss. (Mogador), *Reseda tricuspis* Coss. (Mogador), *Pistorinia brachyantha* Coss. (Mogador à Casablanca), *Eryngium tenue* Lam. (Mogador), *Sclerosciadium nodiflorum* Schousb. (Mogador), *Anthemis tenuisecta* Ball. (Marrakech), *Amberboa maroccana* Bar. et Murb. (Marrakech à Mogador), *Andryala mogadorensis* Coss. (Mogador), *Jasione cornuta* Ball. (Shedma à Mesfiona), *Thymus Broussonnetii* Boiss. (Mogador à Seksaoua), *T. maroccanus* Ball. (région de Marrakech), *Teucrium collinum* Coss. (Djebel Hadid), *T. decipiens* Coss. (Djebel Hadid), *Statice mucronata* L. f. (Mogador à Mazagan), *Aurelia Broussonnetii* J. Gay (Mogador).

Ces endémiques sont surtout abondantes dans le Sahel (12 espèces) et plus rares dans les autres régions : moyenne Chaouïa 4, haute Chaouïa 8, marge supérieure 7, marge méridionale 5. L'Atlas est trop loin pour avoir pu impressionner d'une manière bien positive les collines de la haute Chaouïa. Quant à la moyenne Chaouïa, elle est trop cultivée pour offrir une flore bien spéciale.

Enfin ce sont les terrains légers ou sablonneux qui nous présentent le plus grand nombre d'espèces endémiques (17), puis viennent les rochers et les champs très rocailleux (7), les terres argileuses (6), enfin la steppe à palmiers nains (3).

La flore de la Chaouïa offre une analogie très frappante avec celle du Tell algérien, des rapports moins étroits, mais encore très manifestes avec la flore de la péninsule ibérique et, à part notre découverte du *Gaudinia maroccana* Trabut, bien peu de rapports avec celles des archipels occidentaux.

On ne peut être surpris des affinités florales de la Chaouïa et du Tell algérien. Les deux pays ont des relations de voisinage trop intimes pour que la composition de leur flore ne soit pas assez analogue.

La présence d'espèces du sud de l'Europe en Chaouïa nous témoigne des relations relativement récentes et faciles entre l'Andalousie et la Meseta marocaine, relations magistralement étudiées par M. Gentil. Tandis que les types ibériques sont encore relativement fréquents en Chaouïa, les types siciliens sont à peine au nombre de quelques unités en Tunisie, localisés sur l'îlot Djamour et les rochers du cap Bon. Ces espèces siciliennes n'ont pas rencontré en Tunisie l'humidité du climat marocain et sont restées cantonnées sur une très petite surface en Afrique, incapables de survivre, dans leur évolution méridionale, aux rigueurs estivales des plaines de Bir bou Rekba et de Kairouan. L'émigration des types de la péninsule ibérique en Mauritanie a donc été favorisée par des conditions climatériques tout à fait particulières, dont n'a pas bénéficié en Numidie l'émigration sicilienne.

Enfin l'absence de nombreux points communs entre la flore de la Chaouïa et celle des îles Canaries ne saurait fournir un argument en faveur de l'inexistence de l'Atlantide et des relations effectives de cet archipel avec le continent africain. Les îles les plus voisines du Maroc : Lanzarote, Fuerteventura, Graciosa et Alegranza, que nous avons longuement visitées au printemps de 1905, nous offrent très peu d'espèces endémiques. C'est que leur relief est nul, de même que celui de la Chaouïa. Or les vrais endémiques canariennes sont généralement des plantes de montagnes. C'est donc l'exploration des hauts rochers des massifs de l'Atlas qui devra nous donner d'importants documents botaniques pour la solution de cette passionnante question.

AGRONOMIE. — *Évolution du mildew suivant les conditions de milieu.* Note de M. O. Mengel, présentée par M. A. Müntz.

L'enquête que je viens de faire sur les avertissements lancés par la Station de Météorologie agricole de Perpignan (observatoire) justifie comme en 1911 et 1912, leur opportunité, et me permet quelques remarques nouvelles sur le développement du mildew.

Dès le 19 avril, la Station donne l'avertissement suivant :

« La période de temps humides et orageux dans laquelle nous allons entrer nous engage à conseiller un sulfatage préventif. »

En effet, du 23 au 26, des ondées du Nord-Ouest mettent la vigne en état de réceptivité, et, du 27 au 29, des courants chauds et humides de Nord-Est à Sud-Est facilitent la contamination. Le 1er mai, nouvel avertissement, suivi de 6 jours de réceptivité.

De Salces à Argelès les vignes ayant reçu un premier sulfatage du 21 au 30 avril et un deuxième du 10 au 18 mai sont à peu près indemnes le 24 mai, mêmes celles en terrain argileux humide, sauf les parcelles qui, par suite d'inondation, n'avaient pu être traitées qu'après le 29. D'autre part, le 24 mai, on n'observait le mildew que dans les tènements traités après le 18. D'où une première contamination du 23 au 29 et une deuxième vers le 17 mai.

Le 29 mai la Station lance l'avertissement d'achever d'urgence les sulfatages. Et en effet, à partir du 1er juin, sur le littoral, pluies et brouillards d'entre Nord-Est et Sud, avec vives percées de soleil. Ces coups de soleil dans une atmosphère saturée et sur des terres noires caillouteuses, à échauffement comme à refroidissement rapides, contrarient la fécondation des cépages hâtifs : d'où coulure, sur le grenache notamment, et mise en état de réceptivité de la grappe. Dans les Albères (exception faite pour les grenaches), aussi bien que dans les Salanques, les traitements faits avant le 3 juin ont été seuls efficaces.

L'exposition a joué cette année un rôle prépondérant, variable cependant avec la nature du sol. Ainsi, à Banyuls, dans une vigne mildiousée, exposée à l'Est-Nord-Est, une petite zone correspondant à une couche arable plus terreuse et partant plus froide, est seule indemne. Sur tout le littoral, de Perpignan à Banyuls, le mildew a peu évolué dans les bas-fonds ainsi que

sur les versants Nord à Ouest; il se trouve localisé aux expositions Sud à Sud-Est, plus spécialement dans les vignes insuffisamment traitées.

Conclusions. — Des observations qui précèdent, aussi bien que de celles que j'ai relatées antérieurement (Congrès de l'A.F.A.S., Nîmes, 1912), il semble résulter que l'invasion par le mildew tient : 1° à des *causes générales;* 2° à des *causes secondaires*, dépendant de la nature et de la vitalité du cépage, de son adaptation au milieu, de la composition du sol et de son exposition; 3° à des *causes accidentelles,* telles que : fumure, labour, stagnation d'eau d'inondation, etc.

Les causes générales étant liées uniquement aux variations générales de l'atmosphère, c'est au météorologiste qu'il appartient de donner contre elles les avertissements opportuns. La lutte peut toujours être efficace, en année normale, quand les périodes de contamination, comme cette année en Roussillon, ne chevauchent pas l'une sur l'autre.

C'est dans les causes secondaires et accidentelles qu'il faut chercher la raison des variations de l'évolution de la maladie. Par exemple, les spores resteront stériles sur le *grand noir* entouré de *carignans* fortement atteints; un carignan de la Salanque, en *sol normalement humide,* sera préservé par les sulfatages en raison de son adaptation au milieu, tandis qu'un carignan de coteau, *inondé accidentellement* (Baixas, 1912), nécessitera double traitement.

Les spores du mildew se disséminant, comme celles de tous les Phycomycètes, par les plus faibles remous de l'atmosphère, on doit s'attendre à les trouver en nombre plus que suffisant pour la contamination à toutes les expositions. J'ajouterai même, parce que j'en ai de probants exemples, qu'une région attaquée antérieurement ne me paraît pas plus prédisposée à l'infection qu'une autre, si les causes locales qui ont déjà provoqué l'invasion ne jouent pas à nouveau. Je ne pense pas, d'autre part, qu'il faille attribuer l'influence de l'exposition d'un versant à un plus grand apport de spores sur ce versant par les vents venant de régions contaminées antérieurement. Si, cette année, en Roussillon, où les vents dominants en périodes de contamination ont été des vents marins, les régions les plus mildiousées ont été précisément les coteaux exposés aux effluves marines, évidemment peu sporifères, c'est, il me semble, parce que ces effluves tièdes ont joué le rôle d'accélérateur dans la germination des spores, germination que des sulfatages plus intensifs auraient certainement contrariée (j'en ai deux exemples à Banyuls même, en pleine zone ravagée).

Le viticulteur doit s'inspirer des modes d'action des causes secondaires

et accidentelles et agir en conséquence. Ainsi, il est reconnu qu'un labour en période de contamination est néfaste; il sera donc logique ou de retarder ce travail, ou bien, en cas d'urgence, de sulfater derrière la charrue. Dans les vignes fumées, il sera bon de doubler le traitement ou d'effeuiller partiellement pour donner de l'air à la grappe. On empêche ainsi les causes accidentelles de créer localement pour la plante des situations identiques à celles qui dérivent normalement des causes générales.

ANATOMIE COMPARÉE. — *L'appareil hypophysaire d'* Ascidia fumigata *Grube. Contribution à l'étude de la classification des Phallusiidées.* Note de MM. **Ch. Julin** et **A. Robert**, présentée par M. Marchal.

L'un de nous (¹) a fait connaître pour la première fois, chez *Phallusia mamillata* Cuv., une disposition très remarquable de l'appareil hypophysaire. Le conduit excréteur (canal principal) de la glande, au lieu d'être dépourvu de ramifications, comme c'est le cas dans l'immense majorité des Ascidiens, émet des branches collatérales secondaires (canaux secondaires), plus ou moins courtes; chacune d'elles s'ouvre dans la cavité péribranchiale, à droite ou à gauche de la ligne médio-dorsale, par un pavillon ou entonnoir vibratile (pavillon secondaire) de forme très variable et siégeant ordinairement à la surface d'un tubercule.

Enfin, il résulte de ces recherches: 1° que le nombre des canaux et pavillons secondaires augmente avec l'âge, suivant un processus de formation qu'il a fait connaître (1881); 2° que l'augmentation du nombre de ces canaux et pavillons secondaires s'accompagne d'une diminution de volume de la glande hypophysaire.

Depuis cette époque, une disposition analogue a été observée chez *Ascidia Marioni* Roule par Roule (²), chez *A. atra* Les. (*Phallusia nigra* Sav. d'après Hartmeyer) (³), par Metcalf (⁴), chez *A. phallusioides* Herdm. par Herdman (⁵), chez *A. polytrema* Herdm. par Herdman (⁶).

Une structure semblable, qui n'a pas encore été signalée jusqu'ici, existe aussi chez *Ascidia fumigata* Grube, ainsi que nous avons pu nous en assurer par l'étude de nombreux spécimens de toutes tailles, depuis 12^{mm} jusqu'à 12^{cm} de longueur. Les jeunes individus, ayant moins de 40^{mm}, ne présentent qu'une glande hypophysaire mamelonnée, volumineuse, débordant

(¹) Ch. Julin, *Arch. de Biol.*, t. II, 1881, p. 216.
(²) Roule, *Ann. Mus., Marseille*, t. II, 1884, p. 241.
(³) *Bronn's, Klass. und Ordn.* Bd III Suppl., 1909, p. 1401.
(⁴) Metcalf, *Zool. Bull. Boston.*, t. I, n° 3, 1897, p. 143.
(⁵) Herdman, *Australian Mus. Sydney. Catal.*, n° 17, 1899, p. 14.
(⁶) Herdman, *Report Gov. Ceylon pearl oyster fish.*, n° 39, 1906, p. 306.

largement le ganglion dans tous les sens; le conduit excréteur est unique, non ramifié; il s'ouvre, dans la cavité du siphon buccal, par un pavillon vibratile (primaire) bien développé. Jusqu'à ce stade, l'appareil hypophysaire est semblable à celui de la plupart des autres Ascidiens.

C'est chez un spécimen long de 41^{mm} que nous avons constaté la présence des tout premiers canaux et pavillons secondaires : ils étaient au nombre de deux seulement. L'apparition de ces formations secondaires est donc tardive. Mais nous avons pu nous convaincre que leur nombre s'accroît rapidement avec l'âge. Chez le plus grand individu que nous ayons examiné (il était long de 12^{cm}), 87 pavillons secondaires, affectant d'ailleurs les formes les plus variables, terminaient les canaux secondaires émanant du canal primaire de la glande.

De l'ensemble de nos observations sur *A. fumigata*, il résulte que, comme chez *Ph. mamillata*, à mesure que les canaux et pavillons secondaires deviennent plus nombreux, la glande hypophysaire et le pavillon primaire se réduisent. La réduction de ce dernier est même telle qu'il devient parfois difficile à découvrir. Comme chez *Ph. mamillata*, tous les pavillons secondaires s'ouvrent dans la cavité péribranchiale : les coupes et les reconstructions par la méthode de Born ne laissent aucun doute à cet égard.

L'existence de canaux et de pavillons vibratiles secondaires de l'appareil hypophysaire constitue un trait d'organisation si remarquable qu'il y a lieu, à notre avis, de réunir dans un genre spécial les Phallusiidées qui le possèdent.

Avant de discuter cette question, mentionnons que Roule a rangé *fumigata* dans son genre *Phallusia* avec *mamillata* et *monachus* Cuv., en se basant sur le fait que chez ces trois espèces la branchie serait reployée sur le côté. Cette assertion est erronée en ce qui concerne *fumigata* : elle résulte d'une erreur d'interprétation d'une figure de Heller (¹). Néanmoins nous estimons qu'on doit réunir dans le même genre *mamillata* et *fumigata*, mais en raison des dispositions spéciales de l'appareil hypophysaire. Et si l'on objecte que ces dispositions n'arrivent que tardivement, nous répondrons que, d'après nos observations, le reploiement de la branchie chez *mamillata* est bien plus tardif encore, car il débute à peine quand l'ascidie atteint une longueur de 31^{mm}, alors que son appareil hypophysaire montre déjà plus de 40 canaux et pavillons secondaires.

(¹) HELLER, *Denskchr. Akad. Wien*, t. XXXIV, 1875, 2ᵉ partie, 2ᵉ Mémoire, *Pl. II, fig.* 3.

A l'exemple de Metcalf (*loc. cit.*, 1897, p. 146), de Herdam (*loc. cit.*, 1899, p. 15), de Hartmeyer (*loc. cit.*, 1909, p. 1407) et contrairement à l'opinion de Roule (*loc. cit.*, 1884, p. 242), nous sommes donc d'avis de réunir toutes les Phallusiidées dont l'appareil hypophysaire présente des canaux et pavillons secondaires (*mamillata*, *Marioni*, *atra*, *phallusioides*, *polytrema* et *fumigata*) dans un même genre, qu'on appellerait soit *Phallusia*, en modifiant *ad hoc* la diagnose de ce genre ainsi que le propose Herdman, soit *Phallusiopsis*, en acceptant ce genre proposé par Hartmeyer (¹).

Il est vrai que Hartmeyer (*loc. cit.*, 1909, p. 1407 et 1487) doute lui-même de la validité de son genre *Phallusiopsis*, en se fondant sur le fait qu'on a observé, soit normalement, soit anormalement, une subdivision du pavillon vibratile dans d'autres espèces. Voici à quoi il fait allusion. Roule a signalé une subdivision anormale du pavillon vibratile dans plusieurs exemplaires d'*Ascidia elongata* Roule et dans un spécimen de *Cynthia papillosa* L. (²). D'autre part, Herdman (*loc. cit.*, 1906, p. 319) décrit le tubercule hypophysaire de sa *Polycarpa aurata* comme criblé normalement de petits orifices, et l'on connaît d'autres exemples d'une semblable constitution. Roule est d'avis que cette disposition est comparable à la formation des canaux et entonnoirs secondaires de *Ph. mamillata* par exemple. Hartmeyer a adopté cette interprétation.

A notre avis, ces auteurs ont établi une confusion regrettable entre deux formations d'une valeur morphologique toute différente. L'une consiste en la *ramification du conduit excréteur de la glande hypophysaire;* l'autre, en une *subdivision secondaire de l'orifice fissiforme du pavillon primaire*, le conduit excréteur de la glande restant néanmoins unique et indivis. Il n'est pas douteux en effet, selon nous, que les soi-disant canaux secondaires multiples signalés par Roule dans la partie périphérique du conduit excréteur ne sont que le produit de la subdivision anormale de la longue fente vibratile, capricieusement enroulée, qui constitue le débouché du pavillon. Cette disposition, anormale chez ces deux espèces, est comparable en tous points aux multiples pertuis du tubercule hypophysaire de *Polycarpa aurata* et autres espèces. Roule lui-même en a figuré un exemple chez *A. involuta* Hell. (*loc. cit.*, 1886, *Pl. XV*, *fig.* 29).

Nous avons eu l'occasion, d'ailleurs, de constater une semblable *subdivision de certains pavillons secondaires* chez *Ph. mamillata* et *fumigata*, sans que cette subdivision intéressât les canaux secondaires correspondants.

(¹) HARTMEYER, *Zool. Ann. Würzburg*, t. III, 1908.

(²) ROULE, *Comptes rendus*, 5 avril 1886 et *Rec. zool. Suisse*, t. III, 1886, p. 254.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — Bacillus lactis fermentens *sporogène ferment butylèneglycolique du sucre de lait.* Note de M. **Ruot**, présentée par M. Roux.

Parmi les microbes résistant à la chaleur, M. Mazé a isolé quelques bacilles sporogènes qui font fermenter le sucre de lait. J'ait fait l'étude d'un de ces microbes que je désignerai sous le nom de *bacillus lactis fermentens*.

Il se différencie par les caractères morphologiques suivants : bacille anaérobie facultatif très mobile de 3^{μ} à 5^{μ} de longueur sur $0^{\mu},5$ de largeur ; il produit des spores qui apparaissent au bout de 3 jours sur gélose à 30° ; ces spores ont la forme de navettes semblables aux spores de *bacillus subtilis*, elles ont $1^{\mu},5$ à 2^{μ} de longueur sur $0^{\mu},9$ de largeur ; elles résistent à une température de 90° pendant 5 minutes et peuvent être portées à 100° pendant une demi-minute sans être tuées. Le bacille ne prend pas la coloration de Gram.

Les colonies se présentent, sur gélose, sous l'aspect de masses d'un blanc grisâtre, glaireuses, s'étirant lorsqu'on les touche au fil de platine. Les colonies, obtenues dans la gélose en profondeur, sont lenticulaires; la culture brise la gélose par suite de la production de gaz.

Les cultures en bouillon forment un amas mucilagineux qui s'accumule au fond du vase ; le bouillon reste clair, devient visqueux. Le bacille *lactis fermentens* réduit les nitrates en nitrites, liquéfie la gélatine et coagule le lait avec production de gaz.

Il fait fermenter le glucose, le saccharose, le lactose, la mannite, la glycérine. Les produits de fermentation de ces divers sucres sont : l'acide carbonique, l'hydrogène, l'alcool, le 2.3-butylèneglycol, l'acétylméthylcarbinol, les acides acétique et formique ; on ne trouve pas d'acide lactique ni d'acide succinique.

La fermentation du lait par le *bacillus lactis fermentens* est très active, les produits sont les mêmes que ceux fournis par la fermentation des sucres ; le 2.3-butylèneglycol s'accumule dans la culture. La fermentation du lactose en milieu artificiel est plus lente, le 2.3-butylèneglycol est détruit au fur et à mesure de sa formation et n'apparaît pas dans les cultures, principalement les cultures aérobies.

L'acétylméthylcarbinol a été caractérisé par son pouvoir *réducteur* de la liqueur de Fehling ; son osazone qui fond à 243° et sa transformation en biacétyle par oxydation : le 2.3-butylèneglycol, extrait par lavages successifs du résidu sec de la distillation à 50° dans le vide (Lemoigne, *Thèse de*

doctorat, juin 1913); par sa transformation en acétylméthylcarbinol et biacétyle au moyen de l'oxydation par le brome à 100° au bain-marie; les acides volatils par la courbe de distillation et leurs réactions chimiques (réduction du nitrate d'argent et du bichlorure de mercure par l'acide formique).

Voici quelques résultats d'analyses (Tableaux I et II) fournis par des cultures effectuées à 30°. Les milieux employés sont : le lait, le bouillon de haricots ou le milieu minéral peptoné suivant :

Phosphate de potasse......	1^{g},25	Chlorure de manganèse....	0^{g},0125
Chlorure de potassium.....	1	Chlorure de zinc..........	traces
Sulfate de magnésie.......	0,5	Peptone Chapoteaut.......	5^{g}
		Eau de source............	1000^{g}

Ce dernier a été employé soit seul (milieu désigné A), soit additionné de carbonate de calcium (milieu désigné B). Tous les résultats sont calculés en milligrammes pour 100$^{cm^3}$ de milieu nutritif. Les cultures ont été effectuées sur 300$^{cm^3}$ de milieu, les aérobies dans des matras Fernbach, les anaérobies dans des ballons de 1^{l} dont la fermeture et les joints en caoutchouc ont été noyés sous le mercure après que le vide fut fait à la trompe à mercure.

Tableau I. — *Cultures aérobies.*

Sucres.	Lactose.		Saccharose.		Glycérine.
Milieux.............	b. de haricots	A	b. de haricots	A	B
Age de la culture.....	4 jours	8 jours	4 jours	8 jours	2 mois
Alcool...............	non dosé	96,61	non dosé	151	397,5
Acétylméthylcarbinol.	non dosé	traces	non dosé	85,4	225,31
Acide acétique.......	120,90	79,66	51,9	79	85,53
Acide formique......	18,63	5,57	79,12	146	46,89

Tableau II. — *Cultures anaérobies.*

Sucres.	Lactose.			Saccharose.		
Milieux.............	lait	A	B	b. de haricots	A	B
Age de la culture.....	8 jours	8 jours	8 jours	8 jours	8 jours	8 jours
Acide carbonique.....	62,23	54,66	»	73,63	70,31	»
Hydrogène...........	37,57	44,16	»	26,18	28,96	»
Rapport $\frac{H}{CO^2}$	0,60	0,80	»	0,36	0,41	»
Alcool...............	270,3	38,16	124,2	294,15	55,07	311
Acétylméthylcarbinol.	traces	traces	traces	non dosé	traces	6,83
Acide acétique.......	128,10	43,79	58,50	non dosé	76,26	44
Acide formique......	43,47	7,70	24,15	non dosé	8,6	104

Quant au butylèneglycol, son oxydation par le brome donne des résultats inconstants; le dosage des produits réducteurs formés ne peut donc servir que d'indication : sous cette réserve, les résultats, rapportés à 100^{cm^3}, fournis par deux cultures faites l'une dans du bouillon de haricots avec saccharose, l'autre dans du lait, m'ont donné respectivement 1635^{mg} et 487^{mg} de cuivre réduit; le butylèneglycol, extrait par évaporation dans le vide, ayant été, bien entendu, transformé en acétylméthylcarbinol et biacétyle par oxydation en présence de brome.

Ce microbe, assez fréquent dans le lait, surtout en été, est donc intéressant à un double point de vue : d'abord par sa résistance à la chaleur, ensuite par sa propriété de faire fermenter le sucre de lait avec production d'hydrogène et de composés cétoniques.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'Irradiation des bactéries et les Vaccins irradiés.* Note de M. **Maurice Renaud**, présentée par M. L. Landouzy.

J'ai étudié, depuis 3 ans, les caractères des bactéries exposées aux radiations d'une lampe en quartz, à vapeurs de mercure.

Les résultats expérimentaux, comme les résultats thérapeutiques qui se comptent maintenant par centaines, ont entièrement confirmé les idées que j'avais déjà en janvier 1911.

L'irradiation exerce une influence identique sur tous les micro-organismes qne j'ai étudiés (staphylocoques, streptocoques, bacille d'Eberth, bacille coli, bacille de Löffler, bacille de Koch, gonocoque, sporothricum). On peut résumer les conséquences de cette influence en disant que l'irradiation fait disparaître les propriétés caractéristiques de la vie, en laissant intactes les propriétés histochimiques.

C'est ainsi, que les micro-organismes irradiés perdent leur mobilité, leur tropisme et leur pouvoir de reproduction. L'irradiation rend les milieux stériles.

Ce sont là des faits bien établis par des travaux antérieurs et parallèles aux miens.

D'autre part, j'ai étudié la façon dont se comportent les bactéries irradiées vis-à-vis des milieux de culture. J'ai constaté qu'elles sont rendues inertes par l'irradiation. On ne peut obtenir, même avec des quantités importantes de bactéries irradiées, ni fermentation des sucres, ni coagulation de l'albumine, ni solubilisation de la gélatine, ni formation d'indol.

Ces faits importants prouvent que toutes les modifications que nous voyons apparaître dans les milieux de culture sont fonction de la vie bactérienne, et ne tiennent pas à la présence, dans ces milieux, de produits de sécrétion.

En effet, j'ai vu que l'irradiation même prolongée bien au delà du temps nécessaire à la stérilisation d'une culture, ne diminue pas l'activité des seuls produits solubles d'origine bactérienne que nous connaissons, les toxines (toxines diptérique, cholérique, dysentérique).

De même, la toxicité des corps microbiens eux-mêmes ne m'a jamais paru diminuée par l'irradiation, ce qui, pour moi, est lié à ce fait que l'irradiation n'apporte pas de modification appréciable aux caractères morphologiques et histochimiques des microbes, pas plus qu'elle n'apporte de modification à la constitution des éléments protoplasmiques, tels que hématies, leucocytes, globules du pus, etc.

De ces faits, je tire la conclusion capitale que la stérilisation des milieux de culture par irradiation n'est pas due à un processus de coagulation.

Les bactéries irradiées sont donc, à mon sens, privées de toutes leurs propriétés biologiques, pendant qu'elles gardent intactes leurs propriétés histochimiques, et en particulier leur toxicité.

Quand on injecte, à l'homme ou aux animaux, des cultures irradiées de bactéries pathogènes, quelle que soit la virulence ou la dose, on ne voit pas apparaître de maladie infectieuse. Bien plus, les phénomènes d'inflammation au point d'injection sont généralement insignifiants, et les bactéries disparaissent des tissus avec une rapidité remarquable.

Cette résorption crée un état d'intoxication qui conduit à l'immunisation avec, dans les humeurs, apparition d'anticorps : agglutinines, lysines, ambocepteurs capables de dévier le complément, antitoxines.

C'est à cause de ces propriétés très spéciales des bactéries irradiées, que j'ai songé à les utiliser comme vaccins. Depuis 2 ans que je m'en sers pour l'immunisation préventive et thérapeutique chez l'homme, ils m'ont donné, notamment dans les staphylococcies, les streptococcies, la fièvre typhoïde d'Eberth, la gonococcie, etc., des résultats très supérieurs à ceux des vaccins obtenus par l'action coagulante de la chaleur ou des produits chimiques.

TÉRATOLOGIE. — *Sur un veau génèiocéphale; nouveau genre de Cyclocéphalien*. Note de MM. **F.-X. Lesbre** et **R. Pécherot**, transmise par M. A. Chauveau.

La famille des Cyclocéphaliens forme une série très naturelle dans laquelle les yeux, logés d'abord dans des orbites rapprochées, mais distinctes, se disposent ensuite côte à côte dans une orbite commune, puis se soudent et enfin se confondent en un œil simple susceptible lui-même d'atrophie et de complète disparition. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, qui l'a établie, y distingue cinq genres : les uns offrent deux fosses orbitaires (*ethmocéphale*, *cébocéphale*), les autres n'en offrant qu'une (*rhinocéphale*, *cyclocéphale*, *stomocéphale*). Il ne connaissait pas les derniers termes de la série, où il n'y a plus ni œil, ni orbite. En 1885, Lavocat décrivit sous le nom d'*ophthalmocéphale*, un agneau qui n'avait pas trace d'yeux, ni d'orbite, non plus que de fosses nasales, et dont la tête était réduite à un petit crâne flanqué de deux oreilles et à une bouche pourvue de ses deux mâchoires. Nous venons d'étudier nous-mêmes un veau autosite dont la tête était encore plus dégradée puisqu'elle manquait, en outre, de mâchoire supérieure; elle n'était constituée que par un petit crâne, surmonté de deux oreilles normales, et une mâchoire inférieure, proéminente, supportant une langue à découvert. A la dissection, on ne trouva pas trace des os de la mâchoire supérieure, ni du frontal, de l'ethmoïde, du sphénoïde antérieur, pas le moindre vestige de l'appareil visuel et de l'appareil naso-olfactif. En arrière l'occipital, en bas l'apophyse basilaire précédée d'un rudiment de sphénoïde et flanquée des rochers et des tympaniques; en avant les squamosaux réunis et fermant l'espace compris entre le pariétal et le sphénoïde : voilà avec le maxillaire inférieur et l'hyoïde, tout le squelette céphalique. La cavité cranienne ne dépassait pas 35^{cm^3} de capacité; elle contenait un encéphale réduit au bulbe, à la protubérance et au cervelet.

En résumé nous nous sommes trouvés en présence de la forme la plus dégradée qu'on puisse rencontrer chez les cyclocéphaliens, forme qui est à ceux-ci ce que les triocéphales sont aux otocéphaliens. Nous proposons la dénomination de *génèiocéphale* pour désigner ce nouveau genre (de γένειον, mâchoire supérieure); elle est conforme à l'esprit de la nomenclature de Geoffroy Saint-Hilaire. Les génèiocéphales diffèrent des triocéphales en ce qu'ils ont des oreilles normalement situées et une bouche, tandis que ceux-ci n'ont pas de bouche et ont les oreilles ou tout au moins les caisses tympaniques réunies sous la tête.

On remarquera que les premiers genres de cyclocéphaliens restent en deçà de la cyclopie, les deux yeux étant encore distincts, tandis que les derniers l'outrepassent (l'œil unique ayant disparu); mais la transition des uns aux autres est insensible, ils relèvent tous vraisemblablement du même processus tératogénique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Eaux de Spa. Radioactivité, résistivité et point cryoscopique.* Note de MM. **Éric Gérard** et **Hermann Chauvin**, transmise par M. d'Arsonval.

Les eaux réputées de Spa se divisent en deux catégories : les premières, riches en fer et en anhydride carbonique, sont prises en boisson ou servent à préparer des bains carbo-gazeux; les autres, non minéralisées, jaillissent dans les hauteurs boisées avoisinant la ville; leur remarquable pureté en indique l'emploi pour les cures de lavage interne.

Bien que la composition des eaux minérales de Spa fût connue depuis longtemps, une Commission de spécialistes était récemment chargée par le Gouvernement belge de faire l'étude chimique, bactériologique et physique de toutes les sources intéressantes de la région, tant minéralisées que non minéralisées; l'étude physique, dont l'importance est à présent reconnue, en était effectuée au Laboratoire de l'Institut électrotechnique Montefiore. En voici le résumé :

Radioactivité. — Comme on le sait, l'eau de certaines sources profondes renferme de l'émanation de matières radioactives, dont elles s'imprègnent au cours de leur long trajet souterrain. Cette émanation est utilement mise à profit dans certaines cures. On en mesure l'importance par l'intensité des rayons qu'elle émet, en se basant sur la propriété de ces rayons de rendre les gaz conducteurs de l'électricité. Lorsque la tension appliquée et les dimensions de l'appareil sont suffisantes, le courant qui traverse le gaz ainsi ionisé est indépendant de celles-ci; on le désigne sous le nom de *courant de saturation* et il sert de mesure à la radioactivité qui le produit.

La mesure a été effectuée par la méthode bien connue du fontactoscope d'Engler et Sieveking. La colonne I du Tableau renseigne les valeurs trouvées en maches (millième partie de l'unité électrostatique d'intensité de courant) par litre d'eau au moment de la prise de l'échantillon. La colonne II donne la valeur, rapportée à l'unité, de l'erreur limite, égale à la somme des erreurs qui ont pu être commises dans l'essai, en tenant compte des erreurs

de lecture, d'étalonnage de l'appareil et de la mesure du volume d'eau employé.

Résistivité. — La résistivité des eaux de source est d'autant plus grande que l'eau est moins minéralisée; sa mesure constitue un excellent moyen de marquer le degré de minéralisation. Cette mesure a été effectuée à 18°C., par comparaison avec une solution étalon de NaCl, au moyen du pont de Kohlrausch. La colonne III du Tableau donne les valeurs trouvées en ohms par centimètre. La colonne IV indique les erreurs relatives limites qui ont pu être commises.

Point cryoscopique. — La minéralisation peut être également décelée par l'abaissement du point de congélation relativement à celui de l'eau distillée. On a employé le cryoscope de Beckmann. Cette méthode a permis de confirmer les déductions de la mesure des résistivités (colonne V).

Nom de la source.	Radioactivité. Maches. I.	Radioactivité. Erreur limite. II.	Résistivité à 18°. ohms: cm. III.	Résistivité à 18°. Erreur limite. IV.	Point cryoscopique. Degrés C. V.
Sources ferrugineuses.					
Pouhon Pierre-le-Grand	2,41	0,175	1315	0,020	—0,043
Prince de Condé I	3,51	0,117	1400	0,024	»
Prince de Condé II	2,86	0,117	1735	0,030	»
Sauvenière Saint-Remacle	2,48	0,125	2415	0,038	»
Sauvenière Grosbeck	2,28	0,149	2910	0,050	»
Tonnelet	4,08	0,114	5295	0,077	»
Géroustère	2,96	0,109	2335	0,055	»
Géroustère l'enragée	2,44	0,151	2198	0,050	»
Barisart	2,32	0,125	4060	0,053	»
Marie-Henriette (tube central)	3,87	0,066	4260	0,088	»
Marie-Henriette (gauche)	2,57	0,070	4550	0,088	»
Marie-Henriette (droite)	0,34	0,44	2520	0,042	»
Delcor	3,54	0,112	3780	0,031	»
Sources non minéralisées.					
La Fraineuse	5,94	0,038	20900	0,063	»
Claire-Fagne	0,52	0,35	21400	0,084	»
Salmon E supérieure	8,08	0,114	26900	0,098	0
Salmon E inférieure	5,02	0,095	»	»	»
Salmon B supérieure	6,96	0,108	21200	0,099	—0,004
Salmon B inférieure	1,48	0,137	26300	0,147	0
Puits Salmon (source)	5,42	0,125	44700	0,173	0
Dereppe	2,88	0,077	30800	0,079	—0,0025
Eau alimentaire de Spa	0,43	0,304	19600	0,172	—0,003

Conclusions. — *Sources ferrugineuses.* — On peut conclure du Tableau précédent que toutes les sources minérales de Spa possèdent une notable radioactivité; on constate toutefois que celle-ci ne vaut, en moyenne, que la moitié environ de celle des eaux non minéralisées; mais, si l'on étudie les gaz qu'elles déversent en abondance dans l'air environnant, on constate que ceux-ci possèdent une radioactivité marquée : c'est ainsi que la source Prince de Condé I a donné 4,25 maches et le Tonnelet, dont le captage est plus récent, 6,29 maches par litre de gaz.

Les sources minérales montrent une résistivité relativement faible, conséquence de leur forte minéralisation; la plus petite est celle du célèbre Pouhon Pierre-le-Grand, dont les qualités exceptionnelles ont été reconnues de temps immémorial.

L'essai cryoscopique effectué avec l'eau de cette source confirme ce résultat.

Sources non minéralisées. — Celles-ci manifestent une plus grande radioactivité, sous forme d'émanation dissoute dans l'eau, que les sources minérales. L'essai de résistivité donne des chiffres de l'ordre de celui que fournit la même méthode avec de l'eau distillée dans un alambic en verre d'Iéna (environ 80000 ohms par centimètre), ce qui montre l'extrême pureté de ces sources.

L'essai cryoscopique permet également de conclure que les sources non minéralisées de la région de Spa ne diffèrent pas sensiblement de l'eau distillée obtenue dans un alambic en verre.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence des levures sur les variations de l'extrait sec et de la glycérine dans les vins.* Note de M. J. Ventre, présentée par M. A. Müntz.

Au cours d'études effectuées dans le but de rechercher quelle était l'action de quelques levures elliptiques sur la constitution générale des vins, j'ai été surpris de constater que tous les ferments ne se comportaient pas de la même manière vis-à-vis des matières extractives du moût de raisin. Certains d'entre eux étaient, en effet, susceptibles d'amener dans le milieu une espèce d'*atténuation* comparable à celle qu'on observe dans les moûts de brasserie.

J'ai ensemencé des moûts de clairette et d'aramon avec des levures de crus variés.

La fermentation terminée, j'ai effectué les dosages des extraits à 100° et dans le vide, ainsi que la détermination des matières réductrices. Voici les résultats trouvés :

Origine des levures		Hérault.	Beaujolais.	Médoc.	Bourgogne.	Champagne.
Clairette.	A 100°	16^g,56	16^g,14	17^g,00	16^g,92	15^g,18
	Dans le vide	18,76	17,55	19,22	18,03	17,32
Aramon.	A 100°	20,52	19,15	20,27	20,05	18,52
	Dans le vide	21,76	20,78	22,37	21,28	20,88

L'atténuation observée est relativement considérable pour les essais ensemencés avec la levure de Champagne. Les différences observées entre les témoins et ces essais sont d'environ 1,4 par litre pour les blancs et de 1,75 pour les rouges. Les essais ensemencés avec la levure de Médoc n'ont subi, par contre, aucune diminution dans le poids de leur matière extractive.

L'action de la levure paraît cependant n'être pas constante. En effet, j'ai pu remarquer que la faculté d'atténuation était de beaucoup diminuée quand la levure travaillait dans un milieu sulfité. D'autre part, du fait même de l'addition d'acide sulfureux à du moût, on augmente, ainsi que de précédentes recherches, faites en collaboration avec M. Dupont, l'ont démontré, dans des proportions sensibles, la quantité d'extrait sec que contient le vin.

On peut établir un parallèle entre des essais témoins et des essais sulfités qui montreront combien est grande l'action de l'acide sulfureux et combien l'atténuation est diminuée.

Levures employées	Hérault.	Beaujolais.	Médoc.	Bourgogne.	Champagne.
Clairette témoin	17,40	16,95	18,45	17,70	16,40
Clairette sulfitée	17,90	17,85	19,25	18,05	17,75
Aramon témoin	21,50	21,20	22,35	21,20	20,60
Aramon sulfité	22,10	21,60	22,45	21,50	21,50

Le Médoc donne cependant au produit qui est issu de la fermentation, et malgré la présence de SO^2, un cachet spécial. La proportion d'extrait est toujours plus grande que dans le témoin et les essais ensemencés avec les autres levures.

De l'ensemble de ces expériences, il ressort que :

1° Toutes les levures ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis des matières extractives du moût. Certaines d'entre elles, et notamment la levure de Champagne, paraissent donner une diminution sensible de l'extrait sec, comparable à l'atténuation produite par certaines levures

dans les moûts de brasserie. La levure de Médoc, par contre, donne toujours une proportion plus grande d'extrait sans que pour cela il y ait, dans le milieu, un restant de matières réductrices non utilisées;

2° Il paraît intéressant de connaître l'espèce de levure qui a transformé un moût en vin, et cela notamment par la recherche du vinage; il suffirait en effet que cette atténuation corresponde à un fort degré alcoolique pour que le vin soit déclaré *viné;*

3° L'addition d'acide sulfureux au moût diminue dans une notable proportion la faculté d'atténuation donnée par certaines levures et, principalement, par celle de Champagne.

Je me suis proposé également de rechercher à quoi pouvait tenir cette diminution de l'extrait sec et j'ai été amené à faire le dosage de la glycérine. Cette recherche m'a permis de constater certaines variations de cet élément, expliquant, en partie, les différences observées entre les valeurs des extraits.

Voici les résultats obtenus en étudiant différents milieux : artificiel acide, renfermant 170g de sucre par litre et moûts de raisins blancs et rouges de richesse saccharine respectivement égale à 210g et 166g,5.

Les milieux étudiés étaient complètement fermentés au moment de l'analyse et la fermentation relativement rapide, dans tous les essais, n'avait jamais excédé 6 jours.

Levures expérimentées.	Hérault.	Beaujolais.	Médoc.	Bourgogne.	Champagne.
Milieu artificiel.	»	6,12	6,715	6,103	5,78
Clairette......	7,72	7,56	8,600	7,600	6,88
Aramon.......	5,96	6,00	6,960	6,100	5,96

Si l'atténuation de l'extrait sec est véritablement due à une diminution de la glycérine, on doit retrouver dans le dosage de cet élément les mêmes variations que l'on observe dans la détermination de l'extrait sec. Ces faits sont vérifiés par l'expérience. On sait en effet que, lorsqu'on ajoute de l'acide sulfureux au milieu fermentescible, on préserve l'extrait sec de l'attaque des ferments et même on l'augmente. Pour la glycérine, on n'observe pas d'augmentation, mais on constate qu'elle se retrouve en quantité sensiblement égale dans tous les essais :

Levures expérimentées.	Hérault.	Beaujolais.	Médoc.	Bourgogne.	Champagne.
Clairette sulfitée.	7,50	7,50	7,82	7,56	7,42
Aramon sulfité...	6,02	6,10	6,12	5,88	5,96

De l'ensemble de ces recherches, il ressort que :

1° La glycérine, d'origine biologique, est sous la dépendance étroite du ferment ayant transformé le milieu. La proportion de glycérine formée varie entre 3,2 à 4,1 pour 100 du poids du sucre initial pour les vins blancs et entre 3,6 et 4,2 pour 100 pour les rouges;

2° Dans les milieux additionnés d'acide sulfureux, les quantités de glycérine produites sont sensiblement les mêmes dans tous les essais, quelle que soit la levure employée. Les proportions variant entre 3,53 et 3,7 pour 100 pour les vins blancs et 3,5 et 3,68 pour 100 pour les rouges;

3° Les variations de la glycerine dans un même milieu sont, dans mes essais, inférieures à celles indiquées par M. Laborde. Ce dernier donne, en effet, des variations dont l'importance est considérable puisque, selon les levures, elles oscillent entre 2,5 et 7,75 pour 100 du poids de sucre transformé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les matières albuminoïdes solubles du lait.* Note de M. L. **Lindet**, présentée par M. Th. Schlœsing fils.

Les recherches que nous avons publiées, M. L. Ammann et moi, sur les matières albuminoïdes solubles du lait, ont démontré la coexistence, dans le sérum, de la caséine dissoute et de l'albumine. J'ai poursuivi ces recherches, et les expériences que j'expose aujourd'hui à l'Académie comportent, en dehors de leurs conclusions particulières, l'indication très nette que la matière dénommée albumine du lait possède toutes les propriétés de la caséine même, et n'en diffère que par son pouvoir rotatoire $\alpha_D = -30°$ (Sebelien), au lieu de $-116°$ (Lindet et Ammann). Aussi convient-il de substituer au mot albumine le mot caséine β, la caséine α étant celle qui forme la grosse masse des albuminoïdes du lait.

I. Pour comprendre l'équilibre qui s'établit, dans le lait, entre les albuminoïdes dissous et la caséine en suspension colloïdale, il n'est pas nécessaire de faire appel aux phénomènes osmotiques, mais bien aux simples lois de la dissolution. Après avoir dosé dans le sérum les phosphates et les citrates alcalins, les chlorures, etc., j'ai mesuré la solubilité de la caséine ordinaire (α) dans ces différents sels, pris sous la proportion trouvée, ainsi que dans le lactose à 5 pour 100, et je me suis assuré que la quantité de dissolvants contenus dans le sérum était suffisante pour permettre la dissolution partielle de la caséine α; l'autre caséine β (c'est-à-dire l'albumine) est dissoute par les mêmes dissolvants, et peut, comme je le montrerai dans une prochaine Note relative à l'action des sels de chaux sur le lait, perdre, au même titre que la caséine α, sa solubilité, quand on modifie la nature et la quantité de ses dissolvants.

Mais il y a dans le sérum assez peu de caséine β pour que celle-ci reste tout entière en dissolution, tandis qu'une partie seulement, environ 10 pour 100, de la caséine α se dissout, le reste demeurant à l'état de suspension colloïdale. Si, dans un lait, on rajoute un dissolvant, du citrate de sodium par exemple, on augmente seulement la quantité de caséine α dissoute, puisque la partie insoluble ne renferme pas de caséine β.

II. La caséine en suspension colloïdale exerce vis-à-vis des caséines dissoutes un pouvoir absorbant assez considérable; l'adhérence capillaire de celles-ci est d'autant plus grande que les micelles de la caséine sont plus distendus par l'eau. Quand on filtre des laits de plus en plus étendus d'eau sur des couches de kaolin par exemple, on obtient des sérums de plus en plus louches, parce que la caséine plus gonflée d'eau traverse plus facilement le filtre. Cette caséine en suspension peut être aisément éliminée par la présure; il reste alors un sérum clair, qui, déduction faite du volume d'eau ajoutée, contient de moins en moins de caséines solubles, indiquant ainsi que la caséine restée sur le filtre à kaolin en a retenu de plus en plus, au fur et à mesure qu'elle était plus distendue.

Si, au lieu d'étudier du lait frais, dans lequel la caséine est susceptible de se gonfler par l'eau, on l'étend d'eau, puis on le caille à la présure, les résultats sont inverses, parce que, dans ce cas, la caséine caillée tend au contraire à se rétracter, et, en perdant son eau, à laisser échapper les caséines solubles qu'elle retenait; l'isotonie osmotique fera passer dans le sérum d'autant plus de caséines solubles qu'il sera plus étendu; le fait a été d'ailleurs constaté par Duclaux.

Dans le même ordre d'idées, un sérum qui s'écoule d'un lait caillé à la présure, est, au début, moins riche en caséines qu'à la fin, au moment où le caillé subit son retrait maximum. — Un caillé, déposé doucement sur un filtre, laisse échapper, pour un même volume de sérum écoulé, moins de caséines qu'un caillé brisé avant d'être filtré. — Quand le lait a été caillé à 25°, il donne un sérum moins azoté que quand il a été caillé à 35°, parce que l'élévation de température agit sur le retrait du caillé.

Quand on calcule, par la méthode des pouvoirs rotatoires, que nous avons exposée, M. Ammann et moi, la proportion de caséine α et de caséine β, contenue dans ces sérums, on constate qu'elle est sensiblement la même pour un même lait, et que la caséine en suspension retient autant de l'une que de l'autre; les deux albuminoïdes présentent donc les plus grandes analogies. Il est en outre intéressant de faire remarquer que les micelles de caséine en suspension sont gonflées d'une solution plus concentrée en caséines que le sérum qui l'entoure.

III. J'ai appliqué au dosage total des albuminoïdes solubles une nouvelle méthode qui consiste à acidifier le sérum par 0,2 pour 100 d'acide lactique, et à précipiter par 5 pour 100 d'acide phénique, ou par 2,5 pour 100 d'acide phénique et du sulfate de mercure; la précipitation est plus complète qu'avec le sel de mercure seul, dont nous avions préconisé l'emploi. La déviation polarimétrique, avant et après défécation, permet de calculer le pouvoir rotatoire moyen du mélange des caséines dissoutes. Dans cette nouvelle série, comportant huit laits authentiques, la teneur en caséines solubles totales a varié de $5^g,71$ à $7^g,57$ par litre (moyenne $6^g,45$); la caséine α, de $1^g,38$ à $6^g,45$ (moyenne $3^g,54$), et la caséine β, de $0^g,57$ à $4^g,74$ (moyenne $2^g,91$).

Le précipité phénique ne renferme ni chaux ni phosphate de calcium; ceux-ci ont été enlevés par l'acide lactique; mais il contient l'acide phosphorique, qui, comme je l'ai montré dans une Note précédente, fait partie de la molécule albuminoïde.

Je me suis proposé d'appliquer la précipitation fractionnée par l'acide phénique, en présence d'une acidité lactique, pour séparer les deux caséines. J'ai constaté que pour une même dose de réactif, tantôt la caséine α, tantôt la caséine β s'est précipitée la première, suivant que l'une ou l'autre dominait dans le mélange.

IV. La coagulation ménagée d'un sérum, par une température de 75°, m'a donné des résultats analogues; mais, en général, les coagulums partiels contenaient à peu près les mêmes proportions des deux caséines que le sérum primitif.

En résumé, les deux albuminoïdes solubles présentent de grandes analogies au point de vue : 1° de leur solubilité dans les éléments du sérum; 2° de leur adhérence capillaire à la caséine en suspension; 3° de leur précipitation par l'acide phénique; 4° de leur coagulation partielle à 75°; je montrerai, dans une Note prochaine, que leur solubilité rétrograde de la même façon en présence des sels de chaux.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur la diversité des hémocyanines suivant leur provenance zoologique.* Note de M. **Ch. Dhéré**, présentée par M. A. Dastre.

Le pigment respiratoire cuprifère que Fredericq a appelé *hémocyanine*, parce qu'il absorbe l'oxygène en se colorant en bleu, se rencontre, comme on l'a reconnu depuis longtemps, dans le sang de beaucoup d'invertébrés appartenant soit à l'embranchement des Mollusques, soit à celui des Arthropodes. On doit évidemment se demander si des différences de composition, de constitution et de propriétés n'existent pas entre l'hémocyanine des Mollusques et des Arthropodes, et si de telles différences n'existent pas aussi même quand il s'agit d'hémocyanines provenant de groupes bien moins éloignés dans la classification zoologique.

Pour répondre à ces questions, j'ai entrepris avec deux collaborateurs, MM. Burdel et Ryncky, des recherches étendues qui nous ont déjà fourni un certain nombre de résultats significatifs que je vais relater en les rangeant sous quelques rubriques.

1° *Précipitation par dialyse et cristallisation.* — Toutes les oxyhémocyanines que

nous avons examinées (celles d'Élédone, de Seiche [1], d'Escargot, de Limnée, de Langouste, d'Écrevisse) précipitent plus ou moins complètement par dialyse [2]. Avec le sang d'Élédone ou de Seiche, par exemple, la précipitation est complète. Au contraire, avec le sang d'Escargot, il reste toujours des traces d'oxyhémocyanine en solution. L'oxyhémocyanine ainsi précipitée se dissout, en général, très aisément dans des solutions même très étendues d'électrolytes variés (par exemple, dans le carbonate de soude $\frac{N}{100}$, qui convient tout particulièrement). L'oxyhémocyanine d'Escargot (*Helix pomatia*) précipite à l'état cristallin, comme nous l'avons déjà signalé [3]; toutes les autres oxyhémocyanines précipitent à l'état amorphe. En dialysant des solutions d'oxyhémocyanine d'Escargot cristallisée, nous avons constamment obtenu une recristallisation; mais, suivant la nature de l'électrolyte introduit, la forme des cristaux variait notablement.

Nous avons dit que les oxyhémocyanines de Céphalopodes précipitent par dialyse à l'état amorphe. Nous n'avons pas réussi, non plus, à obtenir des cristaux en dialysant une solution d'oxyhémocyanine de Seiche redissoute par addition de chlorure de sodium. Mais nous avons fait cristalliser très facilement cette hémocyanine de Seiche en utilisant la méthode de Hopkins (addition de sulfate d'ammonium combinée avec une légère acidification). Notons qu'au moyen de la méthode d'Hopkins, Henze puis Kobert avaient déjà fait cristalliser respectivement l'hémocyanine de Poulpe et celle d'Élédone.

2° *Réactions du cuivre.* — Il suffit d'ajouter simplement de la soude à du sang de Poulpe ou d'Élédone pour obtenir une belle coloration violette, due à la réaction du biuret (Henze, Kobert). Il en est de même avec le sang de Seiche. Par contre, avec le sang d'Escargot, on ne voit apparaître aucune coloration violacée. Cela ne tient pas à la différence de composition saline du sang, car les hémocyanines d'Élédone et de Seiche précipitées par dialyse se dissolvent en donnant la réaction du biuret par addition de soude. Avec l'hémocyanine d'Escargot précipitée par dialyse, comme avec le sang, l'addition de soude produit seulement une coloration d'un jaune un peu rosé, qui devient orangée à la longue. On ne peut vraiment pas voir là la réaction du biuret. Quant aux hémocyanines de Langouste et d'Écrevisse, elles donnent assez nettement, dans les mêmes conditions, la réaction du biuret, mais en rose. La réaction du biuret par simple addition de soude n'apparaît donc pas d'une façon uniforme avec les diverses hémocyanines, et ne permet pas, dans tous les cas, de constater la présence du cuivre dans la molécule de ce protéide.

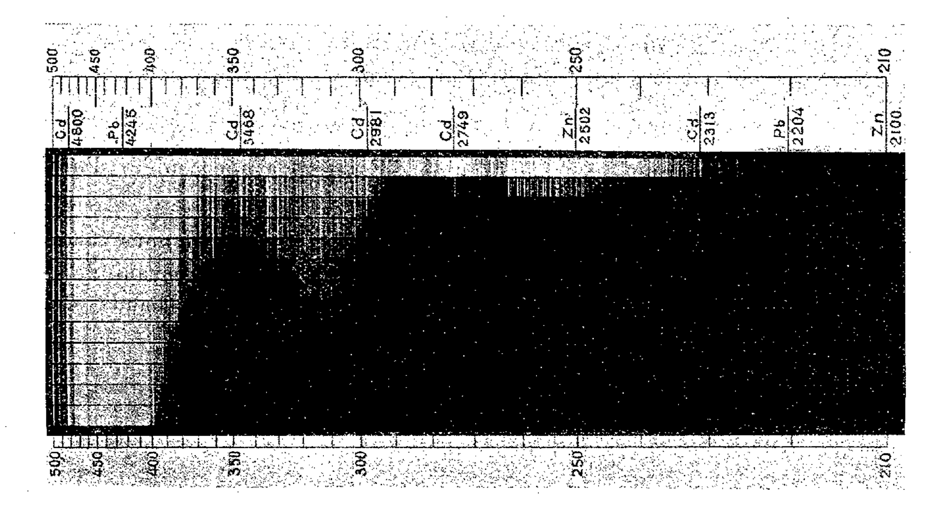
---

(1) Les échantillons de sang d'Élédone et de Seiche que nous avons utilisés nous ont été adressés par M. le Dr Cori, professeur à l'Université de Prague et directeur de la Station zoologique de Trieste, auquel nous tenons à exprimer ici notre bien vive reconnaissance. Grâce à l'addition d'un peu de fluorure de sodium, ces échantillons nous sont parvenus dans un état de conservation parfaite.

(2) La dialyse était effectuée à la glacière, sans addition d'antiseptique, dans des sacs de collodion plongeant dans l'eau distillée.

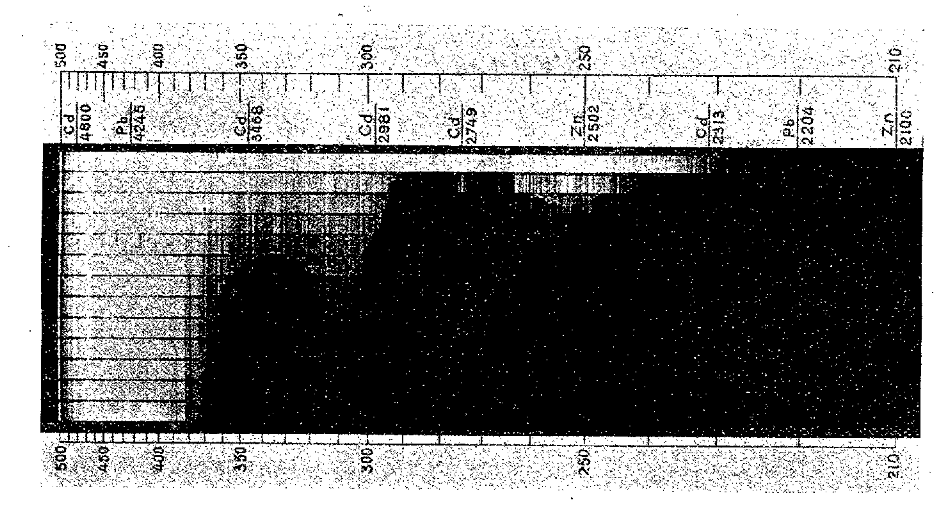
(3) DHÉRÉ, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 784.

Nous avons heureusement trouvé une réaction qui permet de faire cette démonstration en opérant sur une hémocyanine quelconque; il s'agit d'une application de la



Sang de Seiche.

réaction que donnent les sels de cuivre avec la formaldoxime (¹). Si l'on ajoute à un



Oxyhémocyanine de Langouste.

peu d'hémocyanine une goutte d'une solution de formaldoxime *exactement neutralisée*, puis quelque gouttes de lessive de soude, on observe, au bout de 1 minute à

(¹) Bach, *Comptes rendus*, t. **128**, 1899, p. 363.

2 minutes, une coloration intense d'un violet sombre. En alcalinisant au moyen de carbonate de soude, la réaction est positive avec les sels de cuivre, mais non avec l'hémocyanine.

3° *Couleur*. — Les solutions des diverses oxyhémocyanines dans un même solvant ne possèdent pas de nuances identiques. Par exemple, dissoutes dans l'acide acétique $\frac{N}{40}$, l'oxyhémocyanine de Seiche (ou celle de Langouste) a une couleur d'un bleu un peu vert, tandis que l'oxyhémocyanine d'Escargot a une couleur d'un bleu violacé.

4° *Spectre d'absorption ultraviolet*. — Après les différences que nous venons de relever, il convient de noter la similitude, pour toutes les oxyhémocyanines de ce spectre qui, comme le montrent les figures ci-dessus, présente deux bandes dont la moins réfrangible semble caractéristique.

La séance est levée à 4 heures un quart.

Ph. v. T.

ERRATA.

(Séance du 15 juillet 1913.)

Note de M. *R. Fosse*, Présence de l'urée chez les Invertébrés et dans leurs produits d'excrétion :

Page 152, l'appel de note (³) et la note (³) sont à supprimer.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOUT 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Détermination complète, par ses équations aux dérivées partielles, du problème du lent mouvement régularisé d'une masse liquide pesante, au sein d'une autre masse fluide, indéfinie et en repos, également incompressible.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Dans une Note du 14 avril de cette année (¹), j'ai résolu le problème de la *chute uniforme* d'une goutte liquide sphérique visqueuse dans une masse liquide indéfinie en repos, visqueuse aussi, mais d'un poids spécifique un peu moindre, en attribuant à la mince couche de transition qui sépare les deux fluides, non seulement sa tension élastique constante f, bien connue, mais aussi des forces de viscosité proportionnelles aux vitesses d'extension de la couche. A cet effet, j'ai montré comment sont vérifiées les équations, tant indéfinies qu'aux limites, résultant de ces hypothèses. Mais j'avais laissé de côté la question de savoir si cet ensemble d'équations détermine la solution, ou en implique *l'unicité* : question rendue justement délicate par la présence de tensions superficielles variables. Revenant donc sur ce problème, je me propose d'en établir ici les équations générales, pour toute forme possible, *censée donnée*, de la goutte, et de faire voir que la solution en est unique.

La lenteur de la chute est supposée telle qu'on puisse réduire les *expressions* ordinaires des accélérations u', v', w' à leurs parties linéaires, dérivées

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1124.

de u, v, w en t *prises sur place*. Or ici où le mouvement est régularisé, c'est-à-dire devenu permanent à l'intérieur et tout autour de la figure géométrique de la goutte, figure elle-même désormais invariable et animée suivant les axes de trois vitesses constantes à déterminer a, b, c, ces parties linéaires disparaissent elles-mêmes, comme étant de l'ordre des produits négligés, par u, v, w (ou par a, b, c), des dérivées de u, v, w en x, y, z.

En effet, les vitesses absolues u, v, w sont, *successivement*, les mêmes aux endroits où viendrait un observateur mû comme l'est la goutte; en sorte que u, v, w restent invariables, quand t, x, y, z croissent simultanément de dt, $a\,dt$, $b\,dt$, $c\,dt$.

II. Donc les deux hypothèses de lenteur et de permanence relative entraînent celle de l'uniformité *approchée* du mouvement de chaque molécule. Et les équations indéfinies du problème seront celles d'un équilibre dynamique, savoir :

$$(1)\quad \frac{dN_x}{dx}+\frac{dT_z}{dy}+\frac{dT_y}{dz}+\rho X=0,\quad \frac{dT_z}{dx}+\ldots+\rho Y=0,\quad \frac{dT_y}{dx}+\ldots+\rho Z=0,$$

où ρ désigne la densité au point (x, y, z), densité autre hors de la goutte que dans la goutte, (X, Y, Z) les trois composantes constantes de la pesanteur, enfin, N_x, N_y, N_z, T_x, T_y, T_z les six composantes principales de pression relatives aux axes. Celles-ci ont, comme on sait, les expressions

$$(2)\quad N_x=-p+2\varepsilon\frac{du}{dx},\quad N_y=\ldots,\quad N_z=\ldots,\quad T_x=\varepsilon\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right),\quad T_y=\ldots,\quad T_z=\ldots,$$

p étant la *pression moyenne*, fonction, comme u, v, w et pour les mêmes raisons, de x, y, z seuls (non de t), et ε étant le coefficient de viscosité, autre (comme ρ) hors de la goutte que dans la goutte.

Il faut, outre l'équation de conservation des volumes

$$(3)\qquad \frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz}=0,$$

y joindre, d'une part, les conditions d'immobilité, $(u, v, w)=0$, aux distances infinies de l'origine, en spécifiant même que le travail des pressions extérieures exercées sur une sphère fluide de rayon infini (décrite autour de l'origine) s'annule à tout instant; d'autre part, que, à la surface de la goutte, les vitesses u, v, w sont les mêmes sur les deux faces de sa couche surperficielle et, les *tractions* $(\mathfrak{N}, \mathfrak{T}, \mathfrak{T}')$, sur la face extérieure, plus grandes que celles $(\mathfrak{N}_1, \mathfrak{T}_1, \mathfrak{T}'_1)$, de la face intérieure, de différences exactement com-

pensées par les tensions superficielles, conformément aux équations (6) de ma Note du 7 juillet (*Comptes rendus*, p. 12). On aura, par exemple, pour les formes de révolution [équations (11) de la même Note],

$$(4)\qquad \mathfrak{N} - \mathfrak{N}_1 = -\left(\frac{\mathfrak{F}}{R} + \frac{\mathfrak{F}' \sin\lambda}{r}\right),\qquad \mathfrak{T} - \mathfrak{T}_1 = -\frac{1}{R}\left(\frac{d\mathfrak{F}}{d\lambda} + \frac{\mathfrak{F} - \mathfrak{F}'}{r}\frac{dr}{d\lambda}\right),$$

où $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{F}'$ reçoivent les valeurs

$$(5)\qquad (\mathfrak{F}, \mathfrak{F}') = f + e_1(\partial + \partial') + 2e(\partial, \partial'),$$

∂ et ∂' étant enfin les vitesses de dilatation des files de molécules orientées suivant les méridiens et les parallèles, partout fonctions linéaires bien déterminées des dérivées premières de u, v, w en x, y, z.

Enfin, vu les équations *d'équilibre* (1), (4), etc., la pression totale exercée du dehors sur toute surface fermée et, en particulier, sur la sphère fluide de rayon très grand limitant le système considéré, sera égale et contraire au poids du fluide intérieur ou de cette sphère.

III. Pour reconnaître que le problème ainsi défini est complètement déterminé, nous démontrerons que, si l'on remplace, dans toutes les équations indiquées, u, v, w, p par $u + u'$, $v + v'$, $w + w'$, $p + p'$, et $N_x, N_y, \ldots, T_z$ par $N_x + N'_x$, $N_y + N'_y$, $\ldots$, $T_z + T'_z$, avec les N', T' exprimés en u', v', w', p', vu la forme linéaire des équations, comme le sont les N, T en u, v, w, p, les nouvelles équations du problème, en u', v', w', p', obligeront d'annuler partout les excédents u', v', w' de vitesse.

En effet, convenons, pour abréger, d'effacer les accents (′) des nouvelles inconnues u', v', w', p'. Il est visible que les équations seront encore, toujours avec la condition d'évanouissement de u, v, w à l'infini, (1), (2), (3) et même (4), (5) ou d'autres analogues, mais prises en annulant ρ et f, c'est-à-dire *appliquées à des fluides qui seraient sans pesanteur, ni tension superficielle élastique;* et que, de plus, la pression totale exercée du dehors sur toute surface fermée, notamment sur une sphère de rayon très grand, s'annulera.

Alors les trois équations (1), multipliées par l'élément $d\varpi$ de volume et intégrées soit dans tout l'intérieur de la goutte fluide, soit dans tout le fluide extérieur (jusqu'à cette sphère), montreront, comme on le sait, que les trois *composantes totales* soit de la pression exercée par la couche superficielle σ de la goutte sur le fluide intérieur, soit de la pression du fluide

extérieur sur cette couche σ, sont nulles; et qu'il en est, par suite, de même des trois composantes totales des excédents des secondes de ces pressions sur les premières, c'est-à-dire des composantes de pression dues aux tensions superficielles et qu'expriment, par exemple, les seconds membres de (4) dans le cas où σ est de révolution. Par suite, ces pressions en excédent sur les divers éléments de σ ne donneront aucun travail, dans le mouvement $V dt$ de translation commun à toute la figure géométrique, invariable, de la goutte; et il suffira, pour obtenir leur travail, de l'évaluer *dans les mouvements propres* $G\,dt$ *de glissement des divers éléments de la couche superficielle sur leur surface d'ensemble*.

Cela posé, cherchons la formule des forces vives ou, plutôt, du travail, en multipliant les trois équations (1), où ρ est ici nul, par $u\,dt\,d\varpi$, $v\,dt\,d\varpi$, $w\,dt\,d\varpi$, puis ajoutant, intégrant et transformant, comme à l'ordinaire, les produits $u\frac{dN_x}{dx}$, $u\frac{dT_z}{dy}$, ..., en $\frac{d.uN_x}{dx} - N_x\frac{du}{dx}$, etc.; enfin, effectuant, pour les premiers termes, la conversion habituelle des intégrales de volume en intégrales de surface. Nous ferons d'abord cette conversion pour le fluide intérieur à σ, puis pour le fluide extérieur, où l'on admet que la sphère enveloppante de rayon infini donne un travail évanouissant. L'addition finale des résultats fournira : en premier lieu, vu (3), comme intégrale totale de volume, changée de signe,

$$dt\int_{\varpi} \varepsilon\left[2\frac{du^2}{dx^2}+\ldots+\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right)^2+\ldots\right]d\varpi; \tag{6}$$

en deuxième lieu, comme intégrale de surface, le travail, pour les glissements $G\,dt$ tangents à σ, des excédents des pressions qu'exerce la face intérieure de la couche σ sur celles que supporte la face extérieure, et où, de plus, les vitesses principales ∂, ∂' de dilatation seront reliées à la vitesse G de glissement par des formules comme celles, (12), de ma Note du 7 juillet, savoir :

$$\partial = \frac{1}{R}\frac{dG}{d\lambda}, \qquad \partial' = \frac{G}{r}\cos\lambda. \tag{7}$$

IV. Bornons-nous d'abord au seul cas pour lequel nons ayons obtenu des équations *de raccordement*, (4) et (7), complètement explicites, le cas pratique d'une surface σ de révolution.

Alors l'excédent en question se réduit par unité d'aire, dans le sens du

glissement $G\,dt$, à la composante tangentielle $\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}$, donnée par (4). Le travail, changé de signe comme l'a été (6), sera donc

$$dt\int_\sigma G(\mathfrak{T}-\mathfrak{T}_1)\,d\sigma = dt\int_\sigma\left(-\frac{G}{Rr}\frac{d.r\mathfrak{F}}{d\lambda}+\mathfrak{F}'\frac{G}{Rr}\frac{dr}{d\lambda}\right)d\sigma.$$

Or l'expression $\frac{G}{Rr}\frac{dr}{d\lambda}$, identique à $\frac{G}{r}\frac{dr}{ds}$ ou à $\frac{G}{r}\cos\lambda$, n'est autre, d'après la seconde (7), que ∂'; et, d'autre part, vu la valeur (7) de ∂, on peut ajouter à la parenthèse les deux termes égaux et contraires $-\frac{r\mathfrak{F}}{Rr}\frac{dG}{d\lambda}$ et $\mathfrak{F}\partial$. Il vient ainsi, comme travail total, changé de signe, des tensions superficielles,

$$(8)\qquad dt\left[-\int_\sigma \frac{d.rG\mathfrak{F}}{d\lambda}\frac{d\sigma}{Rr}+\int_\sigma(\mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial')\,d\sigma\right].$$

Le premier terme entre crochets s'annule identiquement, comme on le voit en prenant ici pour élément $d\sigma$ de surface une zone élémentaire $2\pi r\,ds$ ou $2\pi r R\,d\lambda$, et en intégrant d'un *pôle* à l'autre, c'est-à-dire de $\lambda = 0$ à $\lambda = \pi$, limites où $\mathfrak{F}$ est fini, mais où r et G sont nuls.

V. Il ne subsiste donc, dans (8), que la dernière intégrale, dont la somme avec (6), annulée, donne, comme équation du travail,

$$(9)\qquad \int_\varpi \varepsilon\left[2\frac{du^2}{dx^2}+\ldots+\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right)^2+\ldots\right]d\varpi+\int_\sigma(\mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial')\,d\sigma=0.$$

Tous les éléments du premier membre sont essentiellement positifs, même dans l'intégrale de surface, où figure la fonction $\mathfrak{F}\partial + \mathfrak{F}'\partial'$. Il résulte en effet, des formules (5), où f a été ici annulé,

$$(10)\qquad \mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial' = e_1(\partial+\partial')^2+2e(\partial^2+\partial'^2) = (e_1+e)(\partial+\partial')^2+e(\partial-\partial')^2.$$

Or, en faisant successivement $\partial' = \mp\partial$, il vient $e > 0$, $e_1 + e > 0$, si l'on tient compte du fait que *les forces de viscosité sont toujours résistantes*.

L'équation (9) donnera donc, en tous les points tant des deux fluides que de leur couche séparative, $\frac{du}{dx} = 0$, ..., $\partial = 0$, $\partial' = 0$. Autrement dit, les *vitesses de déformation* seront nulles : l'ensemble des deux fluides ne pourra se mouvoir qu'à la manière d'un solide unique. Et comme les points du fluide extérieur éloignés sont immobiles, l'on aura bien, partout, $u = 0$, $v = 0$, $w = 0$; ce qu'on se proposait de démontrer.

Ainsi le problème du lent mouvement permanent de la goutte est parfaitement déterminé par ses équations obtenues, du moins quand on attribue à la goutte une figure de révolution.

VI. Il l'est même sans cette restriction. Écartons, en effet, la fiction d'une surface séparative σ *sans épaisseur* pour mettre, à la place, une couche mince où existerait la continuité des pressions, c'est-à-dire les équations d'équilibre (1), avec valeurs des N, T plus complexes que (2) et rapidement variables dans le sens de l'épaisseur. Le travail, changé de signe, des actions intérieures de la couche devient alors une partie sensible de l'intégrale en ϖ trouvée

$$(11)\qquad dt\int_{\varpi}\left[N_x\frac{du}{dx}+\ldots+T_x\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right)+\ldots\right]d\varpi,$$

où l'expression entre crochets, *travail (au signe près) des forces intérieures par unités de volume et de temps*, est indépendante du choix des axes par sa signification même. Or évaluons-la pour tous les éléments $d\varpi$ qui constituent *un fragment* $d\sigma$ de la couche superficielle, en prenant un axe des z normal à la couche, avec des x et des y orientés suivant les vitesses principales ∂, ∂' de dilatation de tous ses *feuillets*, dont dz sera l'épaisseur élémentaire. On y aura donc

$$d\varpi=dz\,d\sigma,\qquad \frac{du}{dx}=\partial,\qquad \frac{dv}{dy}=\partial',\qquad \frac{du}{dy}+\frac{dv}{dx}=0;$$

et, seules parmi les N, T, les forces exercées suivant ∂ et ∂' sur des coupes normales aux deux faces $d\sigma$ du fragment seront assez grandes pour donner des termes sensibles sous la petite épaisseur de la couche. L'intégrale (11), où l'on pourra effectuer pour le fragment la sommation en z, s'écrira donc, si l'on observe que $\int N_x dz$, $\int N_y dz$ seront précisément nos deux tensions superficielles principales $\mathcal{F}, \mathcal{F}'$,

$$(12)\qquad dt\int_{\sigma}d\sigma\left(\partial\int N_x dz+\partial'\int N_y dz\right)=dt\int_{\sigma}(\mathcal{F}\partial+\mathcal{F}'\partial')\,d\sigma.$$

Au contraire, pour les éléments de volume $d\varpi$ ordinaires des deux fluides, où les N, T ont les expressions (2), l'intégrale (11) prend, vu (3), la forme (6). Et l'annulation de la somme, (11), des travaux élémentaires changés de signe, pour tout l'ensemble du système matériel en équilibre sous l'action de ses seules forces intérieures, conduit bien à l'équation (9), ainsi démontrée d'une manière générale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement des points critiques du fer par addition de silicium.* Note de MM. **G. Charpy** et **A. Cornu**.

Dans une Note présentée à l'Académie le 21 avril 1913, nous avons décrit certaines expériences relatives aux points critiques des alliages de fer et de silicium. Depuis cette époque, M. Vigouroux a publié de nouvelles observations sur le même sujet, d'après lesquelles la température du point a_2 irait en s'élevant assez rapidement avec la teneur en silicium pour arriver à près de 900° dans les alliages à 7 pour 100 de Si, ce qui est en contradiction absolue avec les expériences de Baker, d'après lesquelles le point a_2 s'abaisse de 8° environ pour chaque addition de 1 pour 100 de Si. Il nous a paru nécessaire de reprendre de nouvelles mesures pour trancher ce différend. Dans ces questions, qui présentent de réelles difficultés d'interprétation, il paraît, en effet, indispensable de faire disparaître d'abord les divergences de faits. Nous avons donc entrepris la détermination des températures des points critiques de métaux ne différant que par leur teneur en silicium.

Nous avons opéré successivement sur plusieurs séries d'alliages qui ont conduit à des conclusions concordantes. Nous ne donnerons donc ici que les résultats relatifs à l'une de ces séries, comprenant sept alliages obtenus en fondant au creuset un même fer de Suède avec des additions croissantes de ferro-silicium. Le Tableau ci-dessous donne la composition des alliages ainsi obtenus :

	C.	Si.	Mn.	Ph.	S.
1.	0,15	0,11	0,05	0,010	0,010
2.	0,22	1,06	0,09	0,011	0,002
3.	0,12	1,79	0,08	0,011	0,002
4.	0.15	3,16	0,07	0,011	0,004
5.	0,15	3,94	0,07	0,011	0,006
6.	0,15	5,87	0,09	0,019	0,006
7.	0,11	6,10	0,08	0,018	0,006

Les points critiques ont été déterminés par la méthode des vitesses de refroidissement avec inscription automatique au moyen du galvanomètre double Saladin-Le Chatelier. Les diagrammes obtenus sont reproduits sur la figure 1. On voit que le premier alliage présente nettement les trois accidents généralement dénommés a_1, a_2 et a_3, les sommets des courbes correspondantes se trouvant respectivement à 660° (a_1), 740° (a_2), 820° (a_3).

L'examen comparatif des différents diagrammes confirme d'abord que, lorsque la teneur en silicium augmente, le point a_3 s'atténue (en s'élevant un peu dans l'échelle des températures) et disparaît avant que la teneur en silicium atteigne 2 pour 100. Quant au point a_2, il s'abaisse nettement à mesure que la teneur en silicium augmente, tandis qu'au contraire le point a_1 s'élève, de sorte que les deux points primitivement séparés par un

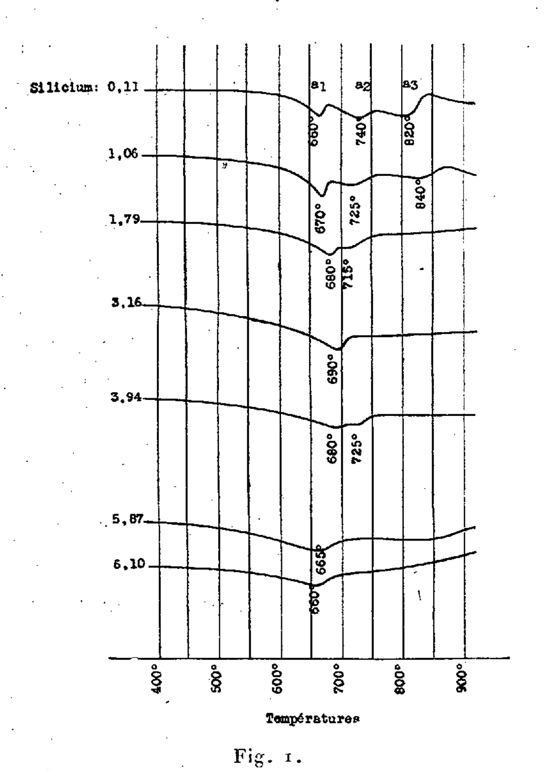


Fig. 1.

intervalle de 80° se trouvent confondus dans l'alliage à 3,16 pour 100 de Si.

Dans l'alliage à 3,94 de Si, on retrouve à nouveau deux points distincts, puis le point supérieur disparaît dans les alliages plus riches (5,87 et 6,10 de Si) qui ne présentent qu'un seul point dont la température s'abaisse progressivement.

L'étude micrographique et chimique des échantillons, jointe à l'examen des diagrammes et, en particulier, à la considération attentive de l'allure même de chaque perturbation qui est assez caractéristique, nous a conduits à admettre que le déplacement des deux points a_1 et a_2 s'effectuait bien, pour

chacun d'eux, toujours dans le même sens. Dans l'alliage à 3,94 pour 100 de Si, ces deux points seraient donc inversés, le point a_1 correspondant à la température de 720° et le point a_2 à la température de 690°, et dans les alliages plus riches en silicium ce serait le point a_1 qui disparaîtrait par suite de la transformation rapide (au cours même de l'expérience) du carbone en graphite; le point unique des alliages riches en silicium serait donc le point a_2 dont la température irait toujours en s'abaissant.

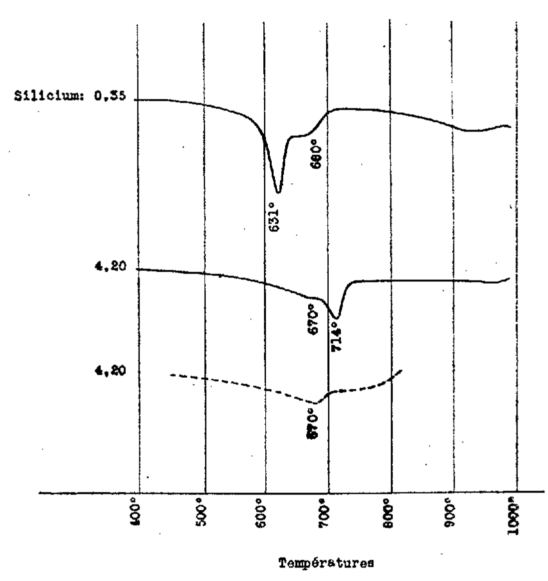


Fig. 2.

Cette inversion des deux points a_1 et a_2 nous paraît un fait nouveau et assez important, susceptible d'apporter des éclaircissements sur la nature des transformations qui correspondent aux points critiques. Nous avons donc cherché à en vérifier la réalité par diverses expériences. Nous citerons en particulier les résultats obtenus sur des alliages plus carburés que ceux considérés plus haut, ce qui augmente l'importance du point a_1 sans modifier sensiblement celle du point a_2. La figure 2 reproduit les diagrammes de refroidissement obtenus sur deux alliages contenant respectivement 0,35 et 4,20 de Si avec 0,35 de C. On voit que le point a_1, très nettement marqué par suite de la teneur en carbone, s'élève de 630° à 714°, tandis que le point a_2 s'abaisse de 690° environ à 670° quand la teneur en silicium passe de 0,35 à 4,20. En même temps, le point a_1 diminue d'intensité parce qu'une partie du carbone passe à l'état de graphite au cours

même de l'opération dans des alliages siliciés. Pour vérifier plus complètement ce dernier point, nous avons opéré en variant les conditions du chauffage préalable. Le diagramme marqué en pointillé sur la figure 2 reproduit le résultat obtenu sur l'alliage à 4,20 pour 100 quand on le laisse refroidir après l'avoir maintenu pendant 3 heures à 800°, ce qui (ainsi que nous l'avons indiqué dans notre Note du 26 mai 1913) produit la transformation à peu près complète du carbone en graphite; dans ces conditions, le point supérieur a complètement disparu. Le même échantillon, repris à nouveau, porté à 1000° et refroidi avec la même vitesse que dans l'essai précédent, reproduit le diagramme marqué en trait plein sur la figure 2. Le point disparu correspond donc bien au point a_1 et l'inversion des points a_1 et a_2 par addition de silicium au fer nous paraît, par suite, nettement établie.

Sans insister plus longuement en ce moment sur les conséquences que l'on peut en déduire, nous nous bornerons à résumer ci-dessous les résultats qui nous paraissent pouvoir être considérés comme acquis, en ce qui concerne l'influence du silicium sur la position des points critiques du fer dans l'échelle des températures. Ces résultats sont les suivants :

1° Le point a_3 s'atténue à mesure que la proportion de silicium augmente (en s'élevant légèrement dans l'échelle des températures) et disparaît pour une teneur en silicium voisine de 1,50 pour 100;

2° Le point a_2 s'abaisse régulièrement dans l'échelle des températures à mesure que la teneur en silicium augmente, mais garde très sensiblement la même intensité. Dans les alliages peu carburés, l'abaissement est de 10° à 12° pour 1 pour 100 de Si;

3° Le point a_1 s'élève légèrement dans l'échelle des températures à mesure que la teneur en silicium augmente. Il tend en même temps à s'atténuer par suite de la transformation du carbone en graphite en présence du silicium (pour disparaître quand Si $>$ 5 pour 100 environ) de sorte que son importance varie, non seulement avec les teneurs de l'alliage en carbone et en silicium, mais aussi avec la durée et les diverses circonstantes du chauffage et du refroidissement;

4° Par suite des variations des températures des points a_2 et a_1 indiquées en 2° et 3°, les positions de ces points se trouvent inversées dès que la teneur en silicium dépasse 3,20 pour 100. Dans les alliages contenant plus de 3,20 pour 100 de Si, le point a_1 (correspondant à la formation de la perlite) se produit à une température plus élevée que le point a_2.

BOTANIQUE. — *Le verdissement du bois de Poirier.*
Note de M. **Paul Vuillemin.**

D'après des renseignements fournis par le Dr Bazin, de Condé-sur-Noireau (Calvados), les trois quarts au moins des plants de Poiriers de Basse-Normandie présentent le phénomène du verdissement du bois; des branches entières sont colorées.

On connaît la fréquence du verdissement dans les genres *Fagus*, *Quercus*, *Castenea*, *Betula*, *Alnus*, *Picea*, *Abies*, etc., où il est l'œuvre des Champignons. Le verdissement du bois du Poirier relève de la même cause; les recherches préliminaires du Dr Bazin en font foi. Il restait à déterminer avec plus de précision l'agent de cette transformation.

Plusieurs Discomycètes charnus renferment dans leurs cupules et leur mycélium un pigment vert. Les filaments plongeant à l'intérieur des éléments ligneux y introduisent la matière colorante, qui subsiste à l'état de dépôts internes, lors même que les filaments ont disparu. Le bois verdi emprunte donc sa coloration au Champignon qui le pénètre.

De Notaris réunit sous le nom de *Chlorosplenium* les Discomycètes qui verdissent leur substratum ligneux. Ce nom est sans valeur systématique, attendu qu'il désigne un facies commun à plusieurs genres qui n'ont pas entre eux d'étroite affinité : le *Chlorosplenium æruginosum* de Notaris est un *Helotium;* les *Chl. versiforme* et *atrovirens* du même auteur sont des *Coryne;* le *Chl. Kriegerianum* Bref. est un *Rutstrœmia*. Il n'existe pas de genre *Chlorosplenium*.

Les agents habituels du verdissement du bois sont l'*Helotium æruginosum* Fr. (*Chlorosplenium æruginosum* de Not.) et l'*Helotium æruginascens* Schrœter (*Chlorosplenium æruginascens* Karsten).

La distinction des deux espèces repose sur les dimensions des asques et des spores. A défaut de mensurations, les auteurs ont souvent signalé comme *Helotium æruginosum* des Champignons qui pourraient appartenir à l'*Helotium æruginascens*. Cette confusion a été faite par les frères Tulasne et peut être corrigée grâce à la précision de leur description et de leurs figures, tandis que Brefeld a bien étudié l'*Helotium æruginosum*.

Les hôtes connus de l'*Helotium æruginascens* sont le Chêne et le Hêtre, qui passent pour héberger les deux espèces, en outre les *Betula alba* et *verrucosa*.

Le Poirier doit être ajouté à cette liste. Un tronçon verdissant de cet

arbre, que j'ai pu suivre grâce à l'obligeant envoi du Dr Bazin, fut placé en chambre humide et fournit des apothèces parvenus à maturité au milieu de juillet 1913. Les spores commençaient à être naturellement projetées le 17 juillet. Les apothèces avec leur fin duvet formé de poils en tire-bouchon, les paraphyses, les asques, les spores répondent à la description que j'ai donnée en 1898 de l'*Helotium æruginascens* développé sur le Hêtre des Vosges.

L'*Helotium æruginascens* est répandu en France comme dans l'Europe boréale. Son abondance sur le Poirier est plutôt un indice de décrépitude que de maladie parasitaire.

Le verdissement est parfois désigné sous le nom de *pourriture verte*. Cette désignation est impropre car le bois verdi reste ferme et se conserve indéfiniment avec sa belle couleur. On l'a souvent utilisé dans les arts. L'emploi du Poirier en ébénisterie peut recevoir une nouvelle extension du fait qu'il se laisse aisément pénétrer par l'*Helotium æruginascens*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à nommer deux de ses Membres qui devront faire partie, pour l'année 1913-1914, du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui devra faire partie de la *Commission de contrôle de la Circulation monétaire*, le mandat de M. *Armand Gautier* devant expirer le 14 novembre prochain.

MM. **M. Cohendy**, **Lagrange** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **H. Caillol**, **Dauzère**, **A. Legendre**, **P. Pallary** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Commissão geographica e geologica do Estados de S. Paulo. *Exploração do Rio-Grande e de seus affluentes. S. José dos Dourados.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctionnelles continues et les fonctionnelles analytiques.* Note [1] de M. **R. Gateaux**, présentée par M. Hadamard.

1. *Soient dans le domaine réel une fonction continue* $z(\alpha)$, $(0 \leq \alpha \leq 1)$, *et la fonctionnelle continue* $U(z)$ *définie dans le champ* $A \leq z \leq B$. *On a*

$$U(z) = \lim_{n=\infty} p_n(z_1, \ldots, z_n) = \lim_{n=\infty} U_n(z), \tag{1}$$

p_n *étant un polynome de n variables,* $U_n(z)$ *une somme d'intégrales multiples; la convergence étant uniforme dans tout ensemble compact de fonctions* z.

(Obtenu par une autre voie par M. Fréchet : *Comptes rendus*, 18 janvier 1909 et 1er février 1909.)

Construction de p_n. Soit z_p une ordonnée de $z(\alpha)$ quand $\frac{p-1}{n} \leq \alpha \leq \frac{p}{n}$. Remplaçons $z(\alpha)$ par la fonction $\zeta(\alpha)$ représentée par la ligne brisée dont les sommets sont définis par $\zeta\left(\frac{p}{n}\right) = z_p$, le premier côté étant parallèle à $O\alpha$. On a : $U(\zeta) = u_n(z_1, \ldots, z_n)$ fonction continue qu'on peut remplacer par un polynome $p_n(z_1, \ldots, z_n)$ tel que $|p_n - u_n| < \frac{1}{n}$.

Construction de $U_n(z)$. Soit $a_n(\alpha)$ une fonction de α positive ou nulle, telle que $\int_{\frac{k-1}{n}}^{\frac{k}{n}} a_n(\alpha)\, d\alpha = 1$. Nous pouvons choisir : $z_k = \int_{\frac{k-1}{n}}^{\frac{k}{n}} a_n(\alpha)\, z(\alpha)\, d\alpha$. Portons dans p_n, nous obtenons :

$$U_n(z) = K_{n,0} + \sum_{p=1,\ldots,m_n} \int_0^1 \cdots \int_0^1 K_{n,p}(\alpha_1, \ldots, \alpha_p)\, z(\alpha_1) \ldots z(\alpha_p)\, d\alpha_1 \ldots d\alpha_p,$$

$K_{n,p}$ étant une fonction qu'on peut rendre continue et symétrique.

---

[1] Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.

2. *Fonctionnelles d'ordre entier.* — La définition de M. Fréchet suffisant seulement dans le champ réel, adoptons la suivante :

Soient le champ des fonctions continues $z(\alpha) = x(\alpha) + iy(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$; la fonctionnelle $U(z)$ continue dans ce champ; λ, λ' deux nombres complexes $U(z)$ est d'ordre m si $U(\lambda z + \lambda' z')$ est un polynome de degré m en λ, λ'. Si ce polynome est homogène, $U(z)$ est homogène d'ordre m.

Et (n° 1) l'on peut écrire son expression dans ce dernier cas :

$$U(z) = \lim_{n=\infty} p_n(z_1, \ldots, z_n) = \lim_{n=\infty} \int_0^1 \cdots \int_0^1 K_n(\alpha_1, \ldots, \alpha_m)\, z(\alpha_1) \ldots z(\alpha_m)\, d\alpha_1 \ldots d\alpha_m,$$

p_n, polynome homogène de degré m; K_n, fonction complexe continue symétrique.

Pour $m = 1$, nous retrouvons la représentation de la fonctionnelle linéaire, obtenue par M. Hadamard.

3. *Sur la différentielle totale.* — Soit dans le domaine réel la fonction de deux variables, par exemple $u(x, y)$ continue par rapport à l'ensemble des variables dans un domaine D. Si, x, y appartenant à D, la quantité

$$\frac{d}{d\lambda} u_{(\lambda=0)}\,(x + \lambda\, dx,\ y + \lambda\, dy) = du(x, y;\ dx, dy)$$

existe et est continue par rapport à l'ensemble des variables x, y, quels que soient dx, dy, elle est linéaire en dx, dy et égale à $u'_x\, dx + u'_y\, dy$.

4. Si (n° 1) $U(z)$ admet une variation première $\delta U(z, \delta z)$ continue par rapport à l'ensemble des fonctions z, δz, on peut choisir p_n tel que δU soit la limite de dp_n et de δU_n, qui sont linéaires en δz. D'où :

Théorème. — *Soient dans le domaine réel la fonction continue $z(\alpha)$, et la fonctionnelle $U(z)$ continue dans le champ $A \leqq z \leqq B$. Si dans ce champ $U(z)$ admet une variation première $\delta U(z, \delta z)$ continue par rapport à l'ensemble des fonctions z, δz, cette variation première est linéaire en δz.*

5. *Fonctionnelles analytiques. Définition analogue à la définition de Weierstrass.* — Soient la fonction continue $z(\alpha) = x(\alpha) + iy(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$; la fonction $R(\alpha)$ supérieure à un nombre positif. D'après M. Fréchet la fonctionnelle $U(z)$ est dite *holomorphe* près de zéro dans $|z(\alpha)| < R(\alpha)$ si l'on a

$$(2) \qquad U(z) = U_0 + U_1(z) + \ldots + U_n(z) + \ldots,$$

$U_n(z)$ étant une fonctionnelle homogène d'ordre n; la série convergeant uniformément dans tout ensemble compact extrait du champ $|z(\alpha)| \leqq k R(\alpha)$, $(0 < k < 1)$.

Pour que la fonctionnelle $U(z)$ *soit holomorphe près de zéro dans* $|z(\alpha)| < R(\alpha)$, *il faut et il suffit que :* $U(z)$ *soit continue;* λ, λ' *étant deux nombres complexes,* $U(\lambda z + \lambda' z')$ *soit holomorphe en* λ, λ' *dans* $|\lambda z(\alpha) + \lambda' z'(\alpha)| < R(\alpha)$.

On obtient les variations de U en prenant les variations des termes de la série (2). On parvient ainsi à la formule de Taylor.

6. *Définition analogue à la définition de Cauchy.* — Soit le domaine D des fonctions complexes $z(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$, telles que le point $z(\alpha)$ soit intérieur à un contour C_α ne dépendant que de α; le plus grand cercle Γ_α de centre $z(\alpha)$ intérieur à C_α ayant un rayon $R(\alpha)$ supérieur à un nombre positif variable avec la fonction z.

La fonctionnelle $U(z)$ est dite *holomorphe* dans D : si elle est continue dans D; si elle admet en toute fonction z de D une variation première $\delta U(z, \delta z)$.

Théorème. — *Soient* $U(z)$ *une fonctionnelle holomorphe* (n° 6) *dans* D; z_0 *une fonction de* D; $R(\alpha)$ *la plus courte distance du point* $z_0(\alpha)$ *au contour* C_α. $U(z)$ *est holomorphe* (n° 5) *près de* z_0 *dans* $|z - z_0| < R(\alpha)$.

D'après le théorème du n° 5.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE ET CHRONOMÉTRIE. — *Loi de similitude des ressorts circulaires.* Note de M. **Jules Andrade**.

I. J'envisage un ressort ayant une forme naturelle circulaire, mais dont l'étendue angulaire *p ne sera pas nécessairement très grande*.

Le ressort est encastré en P sur un appui fixe et en V sur un solide tournant dont l'axe de rotation coïncide avec l'axe du cercle dont le ressort au repos fait partie.

Le pied O de cet axe dans le plan du ressort sera pris comme origine des coordonnées; prenons la droite OP comme axe des x, l'axe des y s'en déduira par une rotation de $\frac{1}{4}$ de tour dans le sens de l'enroulement du ressort vers son encastrement V.

En un point M de la fibre moyenne du ressort nommons : s la longueur naturelle de la fibre PM, ω l'angle que la normale en M à la fibre moyenne fait avec l'axe des x, R_0 le rayon naturel du ressort, x et y les coordonnées de M.

En posant

$$T(z) = \sqrt{1 + a\cos z + b\sin z},$$

les formules de Résal, mises sous une forme appropriée à notre but, pourront s'écrire avec trois constantes a, b, c :

$$(1)\qquad s = \frac{1}{\sqrt{c}}\int_0^\omega \frac{dz}{T(z)}, \qquad \frac{x - R_0}{s} = \frac{\displaystyle\int_0^\omega \frac{\sin z}{T}\,dz}{\displaystyle\int_0^\omega \frac{dz}{T}}, \qquad \frac{y}{s} = \frac{\displaystyle\int_0^\omega \frac{\cos(z)\,dz}{T\,dz}}{\displaystyle\int_0^\omega \frac{dz}{T(z)}}.$$

Les composantes X, Y de la réaction sur P qui complète le couple d'encastrement sont

$$(2)\qquad \begin{cases} X = -\frac{1}{2}b.cEI, \\ Y = \ \ \frac{1}{2}a.cEI, \end{cases}$$

E coefficient d'élasticité du ressort; I moment d'inertie aérolaire de la section fléchissante.

La détermination des constantes a, b, c s'obtient en appliquant les formules (1) au point V de la fibre moyenne où le ressort s'encastre sur le solide tournant; la valeur ω_0 de ω qui convient à ce point est liée à la rotation u du solide par la relation

$$(3)\qquad \omega_0 = p + u.$$

Pour abréger nous appellerons (1 *bis*) les formules (1) particularisées pour le point V, c'est-à-dire par les valeurs particulières

$$\omega = \omega_0; \qquad s = L \equiv R_0 p; \qquad x = R_0\cos\omega_0; \qquad y = R_0\sin\omega_0.$$

II. Envisageons maintenant deux ressorts S et S' circulaires de MÊME ÉTENDUE ANGULAIRE et leurs formes d'équilibre correspondant à une même valeur de u. En remarquant que c ne figure pas sous le radical $T(z)$, nous voyons que les deuxième et troisième équations (1 *bis*), aux seules inconnues a et b, seront les mêmes pour les deux ressorts; *ceux-ci conserveront donc des fibres moyennes semblables* et leur rapport de similitude sera le rapport inverse des valeurs des $\sqrt{c}$.

Les formules (2) disent alors que sur les appuis P et P′ les réactions qui complètent les couples d'encastrement seront inclinées également sur les rayons d'attache OP et OP′ et de plus : *que les intensités de ces réactions complémentaires seront proportionnelles aux quotients* $\frac{EI}{R_0^2}$ propres à chaque ressort.

III. Ce théorème sur la similitude des ressorts circulaires généralise une propriété des spiraux cylindriques que j'ai déjà rencontrée ; cette propriété toutefois exigeait, semblait-il, une superposition de deux approximations distinctes, à savoir : d'abord l'approximation habituelle de la théorie de la résistance des matériaux, puis l'approximation de développements en série dont la convergence était liée à la petitesse de $\frac{1}{p}$.

Or cette seconde hypothèse est superflue, comme le montre la démonstration qui vient d'être exposée.

IV. En rapprochant le théorème de similitude qui précède d'une généralisation nouvelle et convenable de la méthode de Pierre Le Roy, on peut, sauf à augmenter d'une manière insignifiante le logement réservé aux ressorts réglants, construire un chronomètre marin dont les perturbations de marche d'espèces diverses peuvent séparément et sans tâtonnements être corrigées.

OPTIQUE. — *Méthode de vérification des réflecteurs optiques.* Note (¹) de M. **J. Rey**, transmise par M. Blondel.

La méthode de vérification des réflecteurs paraboliques pour projecteurs de lumière électrique décrite ci-dessous et que j'ai employée depuis 1908 dans les ateliers de la maison Sautter-Harlé (²) est applicable à tout système optique donnant, à distance finie ou infinie, une image réelle ou virtuelle d'un point lumineux placé à son foyer.

Dans le cas où il s'agit, par exemple, de vérifier un réflecteur parabolique, le réflecteur entièrement terminé est monté, son axe étant horizontal sur un banc d'optique. On dispose ensuite, à une petite distance du réflec-

(¹) Transmise dans la séance du 28 juillet 1913.

(²) Ce travail a été exécuté avec le concours de M. Marsat, ingénieur.

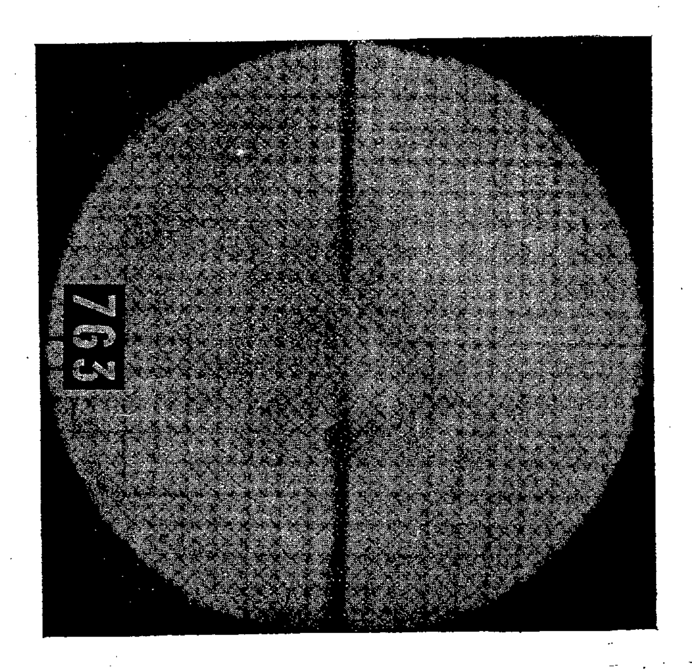


Fig. 1.

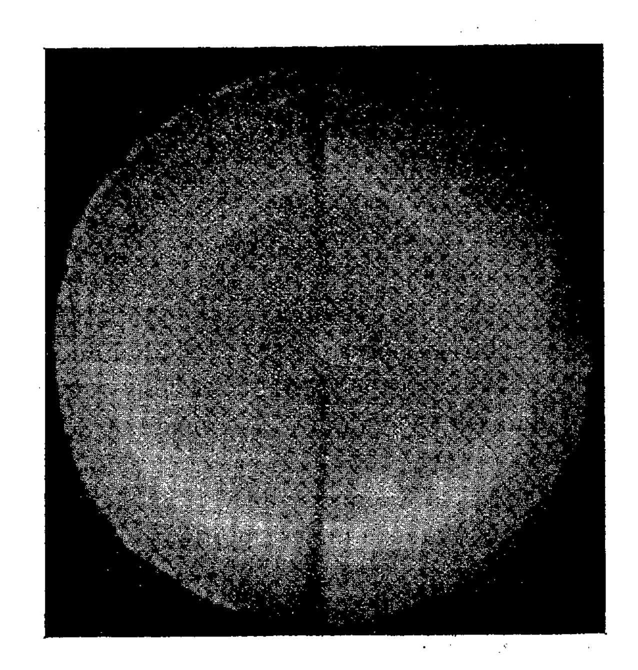


Fig. 2.

teur, un châssis vertical portant un réseau quadrillé à mailles carrées, constitué par deux rangées de fils souples et fortement tendus, de 2^{mm} environ de diamètre; à 1^{m} en arrière du châssis, on place verticalement une glace dépolie.

Au foyer du réflecteur, on place la source lumineuse très petite, formée d'un arc électrique jaillissant entre deux électrodes métalliques et permettant d'obtenir un cratère brillant d'une grande fixité, dont le diamètre est inférieur à 1^{mm}.

Les divers faisceaux élémentaires réfléchis par les éléments de la surface optique viennent rencontrer le réseau quadrillé, le traversent et vont ensuite frapper la glace dépolie qui lui est parallèle. Il est facile de photographier la plage lumineuse ainsi produite avec son quadrillage d'ombre.

Si la surface est exactement parabolique, l'ombre du réseau quadrillé est identique au réseau lui-même, c'est-à-dire formée de lignes droites perpendiculaires entre elles. Au contraire, si l'ombre du réseau indique des lignes courbes, la surface n'est pas parabolique. Tout défaut du réflecteur est donc immédiatement visible sur la photographie, et la méthode permet non seulement de constater qu'il y a une imperfection, mais de connaître les points de la surface parabolique dont la courbure est incorrecte.

Si l'on mesure la distance qui sépare le point d'ombre réel du point d'ombre théorique, il suffit de faire le rapport de cette longueur à la distance de l'élément du réseau à la glace dépolie, pour déterminer la tangente de l'angle d'erreur au point du réflecteur considéré. Si cette valeur dépasse une certaine tolérance limite que la pratique a consacrée, le réflecteur est rebuté.

Cette méthode est suffisamment précise pour permettre d'évaluer la minute d'angle. Dans la pratique, la continuité de la surface permet de se dispenser d'examiner chaque faisceau élémentaire; l'éclairement plus ou moins régulier de la plage lumineuse et les déviations des lignes d'ombre montrent les parties du réflecteur qui paraissent les plus défectueuses. Ce sont celles-là pour lesquelles il y a lieu de mesurer l'erreur de taille.

La figure 1 montre les résultats obtenus dans la construction des réflecteurs paraboliques métalliques pour projecteurs militaires. La surface photographiée peut être considérée comme pratiquement exacte. La figure 2 montre le même procédé appliqué à un miroir métallique repoussé sur moule, mais non taillé. Examiné superficiellement, ce réflecteur semble correct. Seule, la méthode que nous venons de décrire permet de se rendre compte des écarts considérables de sa courbure avec la courbure théorique.

La même méthode s'applique aux miroirs hyperboliques ou elliptiques. Avec les premiers, l'ombre du réseau quadrillé est formée de lignes droites dont les écarts des mailles sont supérieurs à ceux du réseau lui-même. Avec les miroirs elliptiques, c'est l'inverse; les lignes d'ombre sont plus rapprochées que les lignes mêmes du réseau.

PHYSICO-CHIMIE. — *Absorption des radiations ultraviolettes par quelques matières colorantes minérales en dissolution aqueuse.* Note [1] de MM. **Massol** et **Faucon**, présentée par M. J. Violle.

Les résultats obtenus avec les matières colorantes artificielles organiques méritaient d'être comparés avec ceux que pouvait fournir des matières colorantes minérales. Nous avons opéré sur un assez grand nombre de substances ; nous indiquerons seulement quelques-uns des résultats obtenus.

Les colorants minéraux n'ont pas l'intensité de coloration des colorants organiques et nous avons dû employer des concentrations 10, 100 et 1000 fois plus fortes pour obtenir des résultats comparables.

1° *Absorption unilatérale.* — Le ferrocyanure de potassium en solution concentrée ($\frac{1}{10}$) a une transparence remarquable pour les radiations visibles, mais il absorbe complètement les radiations ultraviolettes les plus courtes sous une épaisseur de quelques millimètres.

Le chlorure d'or absorbe également les radiations à plus courte longueur d'onde, mais il donne en outre une bande d'absorption entre $\lambda = 2900$ et $\lambda = 3250$; la transparence de ses solutions est maximum pour $\lambda = 2700$ à 2600, radiations généralement arrêtées par les colorants organiques.

Le sulfate de cuivre ($\frac{1}{100}$) et le sulfate de cuivre ammoniacal ($\frac{1}{1000}$) sont très transparents pour les radiations ultraviolettes et n'absorbent que celles à faible longueur d'onde.

Le sulfate de chrome violet offre les mêmes caractères.

2° *Absorption bilatérale.* — Le chromate neutre de potasse (solution 1 pour 1000) présente un maximum de transparence pour $\lambda = 3100$, avec une bande d'absorption entre 2920 et 2500 pour des épaisseurs de 1^{mm} à 3^{mm}.

Le nitrate d'urane (solution concentrée à 10 pour 100) offre le maximum de transparence pour les radiations $\lambda = 3600$ à $\lambda = 3500$; il ne présente aucune bande dans le spectre invisible, tandis que la partie visible offre à la limite du vert et du bleu les deux bandes étroites bien connues.

3° *Spectres à bandes.* — Le sulfate de nickel (solution à 6 pour 100) donne des spectres comparables à ceux des verts malachite, vert acide J et bleu patenté (bleu vert) : l'absorption est bilatérale et il y a en outre la bande spéciale $\lambda = 4000$ signalée pour ces colorants.

Le sulfate de chrome vert (solution à 7,5 pour 1000) absorbe bilatéralement avec transparence maximum pour les radiations $\lambda = 3500$ en moyenne, il offre comme le

---

[1] Présentée dans la séance du 21 juillet 1913.

sulfate de nickel la bande à $\lambda = 4000$ en moyenne qui se retrouve dans tous les verts organiques et minéraux étudiés et dépend de la couleur et non de la constitution chimique.

En résumé, les diverses matières colorantes étudiées absorbent inégalement les radiations invisibles ultraviolettes. Au point de vue quantitatif, le pouvoir absorbant des colorants organiques synthétiques est bien plus considérable que celui des colorants minéraux; qualitativement, il est du même ordre et l'on retrouve, quand elles existent, les larges bandes d'absorption dans les mêmes régions du spectre.

Dans toutes les matières colorantes examinées, l'absorption de l'ultraviolet n'est jamais totale ou progressivement continue. Pour une dilution et sous une épaisseur convenables, la plaque photographique est toujours impressionnée dans la région de $\lambda = 3500$, en moyenne.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des sels d'uranium comme catalyseurs photochimiques.* Note (1) de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Niepce de Saint-Victor et Corvisart ont découvert qu'une solution d'acide oxalique additionnée d'une faible quantité de sel d'uranium se décompose instantanément à la lumière solaire et que cet effet n'est pas dû à l'acide du sel, car il se produit aussi avec l'oxyde jaune, l'oxyde vert et même, plus faiblement, avec l'oxyde noir d'uranium (*Comptes rendus*, t. 49, 1859, p. 370; *Bull. Soc. chim.*, 1862, p. 62).

Quelques auteurs s'étant demandé récemment si cette action des sels d'uranium est en relation avec leur radioactivité (Matthews et Dewey, *VIII*e *Congrès Chim. appl.*, t. XX, septembre 1912, p. 247; Landau, *Comptes rendus*, 23 juin 1913), nous croyons devoir rappeler que nous avons déjà répondu négativement à cette question (*Comptes rendus*, 30 janvier 1911) à la suite d'expériences très variées sur lesquelles voici quelques détails nouveaux (les solutions ont été exposées devant la lampe à mercure, en tubes de quartz, à l'abri de l'air, sur cuve à mercure).

Eau distillée. — Des expériences comparatives avec les cinq solutions suivantes : 2^{cm^3} d'eau; 2^{cm^3} d'eau + 5^{mg} de nitrate d'urane; 2^{cm^3} d'eau + 5^{mg} d'acétate d'urane; 2^{cm^3} d'eau + 5^{mg} de chlorure de baryum radifère d'activité 100; 2^{cm^3} d'eau + 1^{mg} de

(1) Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.

fluorescéine ont donné à peu de chose près les mêmes volumes gazeux, d'ailleurs très faibles. La décomposition de l'eau par les rayons ultraviolets n'est donc pas activée sensiblement par les sels radifères, les sels d'urane ou les corps fluorescents.

Acide benzoïque. — Ce corps étant réfractaire à la photolyse comme la plupart des composés aromatiques, il était curieux de voir si les sels d'uranium favoriseraient celle-ci. Il n'en a rien été (solutions aqueuses saturées).

Alcool éthylique; acétone. — L'addition des sels d'urane peut retarder, puis arrêter la photolyse dans les cas où la liqueur se trouble avec formation d'un précipité. C'est ce qui arrive dans la lumière ultraviolette avec l'alcool à 50° qui, additionné de nitrate d'urane, donne aussitôt un précipité vert foncé, et additionné d'acétate d'urane un précipité brun violacé. De même l'acétone qui se trouble instantanément (même à l'obscurité) par l'acétate d'urane (précipité jaune) ne subit plus la photolyse; l'acétone additionné de nitrate d'urane qui reste limpide plus d'une heure aux rayons ultraviolets donne pendant ce temps autant de gaz que l'acétone pur; mais ensuite il se trouble et la photolyse se ralentit.

L'addition d'oxyde et de sulfate de thorium à des solutions aqueuses à 50 pour 100 d'alcool éthylique, de paraldéhyde et d'acétone n'a eu aucun effet sur la photolyse.

Acides bibasiques. — Comme l'acide oxalique, ses homologues (malonique, succinique, pyrotartrique, etc.) se décomposent déjà au soleil en présence de sels d'uranium. Bien que l'effet soit beaucoup plus faible, nous avons reconnu qu'on obtient avec ces homologues des résultats plus simples qu'avec l'acide oxalique, car les produits de la réaction dans la lumière ultraviolette sont sensiblement les mêmes en présence ou en l'absence de sels d'uranium [1]; le dégagement gazeux, notamment, est presque uniquement formé de CO^2. Laissant de côté l'acide malonique dont le dédoublement se produit déjà par la chaleur vers 100°, nous avons comparé l'acide pyrotartrique en solution aqueuse à 2,5 pour 100 seul, puis additionné de quelques milligrammes d'esculine, de sulfate de quinine, d'oxyde et de sulfate de thorium, de chlorure de baryum radifère, d'acétate de soude, de nitrate d'argent. Dans tous les cas, il y a eu formation d'acide butyrique et dégagement de CO^2, et les volumes gazeux ont été sensiblement égaux. Avec le nitrate d'urane, au contraire, le volume de CO^2 dégagé dans le même temps a été neuf fois aussi grand.

Dans d'autres expériences nous avons renversé les tubes sur de petites capsules remplies de la solution même. Cette méthode est plus grossière que la précédente en raison

---

(1) Au contraire, avec l'acide oxalique, le sel d'uranium change le mécanisme et les produits de la réaction photolytique : il produit en solution aqueuse une décomposition en CO^2, CO et H^2O; tandis que cette solution seule se dédouble dans l'ultraviolet moyen et extrême en CO^2 et H^2. Sur le corps solide, l'ultraviolet donne un troisième mode de décomposition moins avancée en CO^2 et acide formique. Enfin, en présence d'un excès d'oxygène (avec ou sans sel d'urane), se produit un quatrième mode de décomposition (combustion totale en CO^2 et H^2O). Ces diverses réactions correspondent d'ailleurs à des longueurs d'onde différentes. On voit par là combien le problème est complexe.

des phénomènes de dissolution et de diffusion des gaz dans un grand excès de liquide ainsi que du contact de l'air, mais elle permet d'éviter le contact du mercure qui aurait pu jouer un rôle catalytique. On a préparé deux solutions, l'une d'acide pyrotartrique à 4 pour 100, l'autre de 5^g d'eau pour 2^g de nitrate d'urane. On a ajusté cinq mélanges en ajoutant à 20^{cm^3} de la première solution $0^{cm^3},10$; $0^{cm^3},20$; $0^{cm^3},40$; $0^{cm^3},80$ et 2^{cm^3} de la seconde. Après 3 heures d'irradiation, les volumes de CO^2 dégagés ont été 1,10; 1,25; 1,80; 2,20; 2,25. Un tube témoin a donné 0,10. L'activation a donc lieu déjà pour de faibles doses d'uranium et varie seulement de 1 à 2 quand la concentration passe de 1 à 20. De même l'addition de 10^{mg} d'acétate d'uranium à 2^{cm^3} de solutions à 10 pour 100 d'acide maléique (acide bibasique éthylénique) ou d'acide lévulique (acide γ cétonique) décuple environ la vitesse du dégagement gazeux (en lumière ultraviolette) et (comme pour l'acide oxalique) lui permet de se faire déjà à la lumière solaire : le gaz dégagé au soleil est CO^2 pur. Par contre, l'effet des sels d'urane est nul sur l'acide phtalique (acide bibasique aromatique).

En résumé, en dehors des sels d'uranium, aucune des substances fluorescentes ou radioactives essayées n'accélère les réactions photochimiques. Quant aux sels d'uranium, leur efficacité est limitée à une catégorie spéciale de réactions : la décomposition des acides linéaires, surtout s'ils sont bibasiques ou complexes. Il s'agit là de réactions qui, comme nous l'avons découvert, se produisent spontanément dans la lumière ultraviolette; le photocatalyseur leur permet de se réaliser dans la lumière visible : il abaisse la fréquence vibratoire de la réaction photochimique de même qu'un catalyseur ordinaire abaisse la température d'une réaction chimique.

CHIMIE. — *Sur les produits de réduction incomplète de l'oxyde cérique.* Note [1] de M. **A. Damiens**, présentée par M. Le Chatelier.

En 1902, Sterba [2] décrivait une nouvelle combinaison définie qu'il appelait *oxycarbure de cérium*, de formule $CeC^2.2CeO^2$. Il l'obtenait par l'action d'une quantité limitée de charbon sur l'oxyde cérique, au four électrique de H. Moissan. Se plaçant dans des conditions expérimentales bien déterminées, il prépara des produits de composition toujours très comparable. Il en étudia les propriétés et reconnut que les acides en dégagent un gaz complètement absorbable par le chlorure cuivreux ammoniacal.

Si l'on examine les caractères de l'oxycarbure de Sterba, on est frappé de ce fait que toutes les réactions semblent plutôt appartenir à un mélange

(1) Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.

(2) Sterba, *Comptes rendus*, t. 136, 1902, p. 1056.

d'oxyde et de carbure qu'à un corps différent. Il est, d'autre part, difficile d'admettre que la réduction de l'oxyde cérique par le charbon ne comporte pas comme premier stade la formation d'oxyde céreux ; on comprend mal la présence de cet oxyde dans le milieu où se forme l'oxycarbure. L'expérience a, en effet, montré que les réducteurs transforment, au moins en partie, l'oxyde cérique en oxyde céreux : l'hydrogène (Rammelsberg, Winckler, Brauner, Sterba), le calcium (Bürger), le magnésium (Winckler), le zinc (Sterba). Enfin, connaissant la complexité du mélange gazeux fourni par le carbure de cérium [1], le dégagement de carbures acétyléniques purs ne peut être interprété avec la formule donnée.

Pour connaître les termes intermédiaires de la carburation de l'oxyde cérique, nous avons préparé des produits de plus en plus carburés, que nous avons analysés et dont nous avons étudié les surfaces polies. Nous avons, en outre, observé les gaz qu'ils dégagent par l'action de l'eau et des acides. Nous avons ainsi été amené à constater que tous ces produits renferment des cristaux rouges, très lentement attaquables par l'eau, et parfois aussi du graphite et du carbure CeC^2, immédiatement décomposé par ce réactif.

Tous ces cristaux rouges isolés brûlent dans l'oxygène avec une notable augmentation de poids, et dégagent par les acides un gaz complètement absorbable par l'iodomercurate de potassium alcalin [2] (carbures acétyléniques).

Ces deux faits constants nous ont conduit à admettre qu'ils étaient constitués par de l'oxyde céreux et un carbure CeC^3, attaquable en dégageant de l'acétylène pur :

$$2CeC^3 + 6H^2O = Ce^2(OH)^6 + 3C^2H^2.$$

Les chiffres obtenus dans les analyses ont justifié cette hypothèse.

I. — *Oxyde très incomplètement réduit.*

Composition :

	pour 100	pour 100
Carbone	2,52	2,84
Cérium	84,35	84,20
Augmentation de poids par combustion	3,49	3,55

Si l'on calcule le carbone en carbure CeC^3, et le métal restant en oxyde Ce^2O^3, la combustion de ces deux produits indique une augmentation de poids théorique :

3,86, 3,97.

---

(1) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 214.

(2) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 554.

La différence est due à de petites quantités d'oxyde cérique non réduit, que nous avons caractérisé en l'attaquant par l'acide iodhydrique qui en dégage de l'iode.

La composition centésimale du produit calculée d'après les teneurs en carbone trouvées donne des chiffres aussi très concordants :

	Trouvé.	Théorie.	Trouvé.	Théorie.
Carbone	2,52	2,52	2,84	2,84
Cérium	84,67	84,35	84,20	84,58
Oxygène	12,81	13,13	12,96	12,58

II. — *Produit voisin de celui de Sterba.*

Composition :

Carbone	6,45	6,20
Cérium	83,10	82,80
Augmentation de poids trouvée	2,10	
Augmentation de poids théorique	2,58	

Composition centésimale calculée d'après le carbone trouvé :

	Théorie.	Trouvé.
Carbone	6,45	6,45
Cérium	83,40	83,10
Oxygène	10,15	10,45

III. En chauffant juste à fusion le mélange d'oxyde et de charbon préparé pour obtenir le carbure CeC^2, nous avons trouvé une masse renfermant encore des cristaux rouges. Ceux-ci s'attaquaient assez facilement par l'eau et nous n'avons pu les séparer convenablement de la grande quantité de carbure de cérium formé à côté d'eux. Le produit brut contenait 2,95 pour 100 de graphite. Nous avons séparé, après action de l'eau et dessiccation dans le vide, une poudre jaune rougeâtre, mélange d'oxyde et du produit rouge déjà altéré. L'acide sulfurique en dégageait un gaz complètement absorbable par l'iodomercurate de potassium alcalin.

IV. Le carbure précédent, s'il a été chauffé plus longtemps au four électrique, donne par l'eau un oxyde parfaitement blanc, ne contenant aucune trace de produit rouge.

Nous n'avons pas obtenu de carbure de cérium, immédiatement et complètement décomposable par l'eau, qui renferme moins de 4 pour 100 de graphite.

En résumé, le produit décrit comme un oxycarbure ne présente pas la

composition indiquée par M. Sterba. La réduction de l'oxyde cérique par le charbon passe par les trois stades suivants :

$$2\,CeO^2 + C = Ce^2O^3 + CO,$$
$$Ce^2O^3 + 9C = 2\,CeC^3 + 3\,CO,$$
$$CeC^3 = CeC^2 + C.$$

Les produits rouges sont pour nous des cristaux mixtes de carbure CeC^3 et d'oxyde céreux fondu.

CHIMIE HYDROLOGIQUE. — *Le manganèse dans les eaux d'alimentation et les eaux minérales.* Note de MM. **F. Jadin** et **A. Astruc**, présentée par M. L. Guignard.

Nos recherches antérieures sur la présence du manganèse et de l'arsenic dans les végétaux, tant au point de vue alimentaire que biologique, nous ont amenés à faire des déterminations du même genre dans les eaux d'alimentation et dans les eaux minérales.

Nous publions, dans cette Note, quelques-uns de nos résultats, en ce qui concerne le manganèse; ils peuvent avoir leur intérêt au moment où se pose, sur des données nouvelles, la question de l'analyse des eaux minérales.

Le manganèse a été signalé dans plusieurs eaux potables et dans certaines sources minérales; mais, le plus souvent, les indications conservent un caractère qualitatif; les auteurs se contentent de souligner des *traces* de ce métal. Nous apportons, dans nos résultats, des données quantitatives précises, obtenues par dosage colorimétrique, au moyen de la méthode au persulfate de potassium en présence de nitrate d'argent, dont nous avons déjà fait usage dans nos travaux sur les végétaux.

Lorsque des essais préliminaires nous ont décelé de très faibles quantités de manganèse dans l'eau étudiée, nous avons opéré sur le résidu d'évaporation de 3^l; dans les cas où la proportion était assez élevée, il a suffi d'évaporer 1^l de liquide.

Ci-après sont consignés les chiffres obtenus (en milligrammes) par litre d'eau :

Eaux d'alimentation.		Eaux minérales.	
Ville de Perpignan	0,0005	Vichy, source Hôpital	0,15
— Béziers	Néant	— Grande Grille ..	0,10
— Cette	Néant	— Chomel	0,12
— Montpellier	Néant	— Célestins	0,15
— Nîmes	Néant	— Mesdames	0,10
— Marseille	0,0005	— Lucas	0,20
— Toulon	0,0015	Boulou, source Boulou	0,09
— Nice	0,0006	— Clémentine	0,15
		— Saint-Martin ..	0,15

Les eaux portées sur ce Tableau ont été évaporées dès leur réception au laboratoire; elles avaient été obligeamment prélevées et expédiées par les établissements thermaux, dans les meilleures conditions de lavage des bouteilles et de rapidité d'envoi; elles n'ont pas séjourné plus de trois jours dans les bouteilles. La proportion de manganèse trouvée ne peut donc avoir été influencée par le verre; d'ailleurs les chiffres que nous avaient fournis des bouteilles achetées au hasard dans le commerce, étaient très comparables à ceux que nous donnons ci-dessus (Grande Grille 0,10, Hôpital 0,16, Clémentine 0,16, etc). Au surplus, pour bien affermir notre conviction, nous nous sommes rendus au Boulou et avons évaporé, sur place, la source Clémentine directement puisée et sans passage en bouteille, par conséquent : nous avons obtenu $0^{mg},16$ de manganèse par litre.

Sans doute, la composition de certains verres est, peut-être, susceptible d'influencer la teneur en manganèse d'une eau embouteillée; mais nos essais montrent que, tout au moins pour les bouteilles en verre noir employées à Vichy et au Boulou, il n'y a pas de modification sensible.

Ainsi donc, de nos dosages il semble résulter que :

1° Les eaux d'alimentation contiennent, en général, fort peu de manganèse; tout au plus celui-ci se manifeste-t-il dans les eaux ayant parcouru des massifs montagneux ;

2° Par contre, les eaux minérales en relation directe avec les roches volcaniques sont assez riches en manganèse. L'assimilation d'origine et de constitution des eaux de Vichy et du Boulou se manifeste encore dans la proportion de cet élément qui s'y trouve dissous.

Nous ajouterons que les résultats des dosages de manganèse, effectués sur d'autres groupes d'eaux minérales où nous avons constaté sa présence, montrent que des variations considérables existent suivant la composition chimique de l'eau; bien plus, dans une même station, deux sources dont les points d'émergence ne sont distants que de quelques mètres seulement, fournissent, parfois, des différences très marquées.

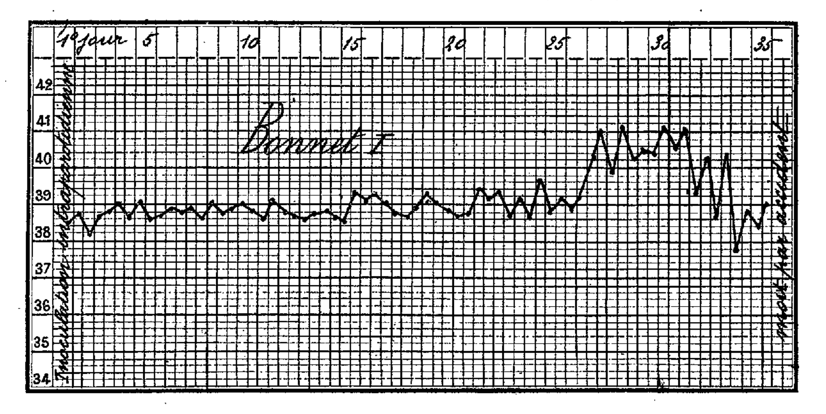
MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essai de reproduction expérimentale des oreillons chez le singe.* Note [1] de MM. **Charles Nicolle** et **E. Conseil**, présentée par M. Roux.

L'étude microbiologique des oreillons a donné jusqu'à présent des résultats contradictoires. Alors que Pasteur et Roux, dans des expériences anciennes [2], avaient constaté la stérilité du sang des malades, divers savants ont isolé de ce liquide, de l'exsudat parotidien ou d'autres humeurs, des microbes divers. De ces supposés agents pathogènes, seul le micrococque de Laveran et Catrin [3], qui peut-être aurait été retrouvé chez le chien par Busquet et Boudeaud [4], mérite d'être retenu, mais ni son inoculation, ni celle des autres microbes décrits n'avaient permis jusqu'à ce jour la reproduction expérimentale des oreillons chez les animaux.

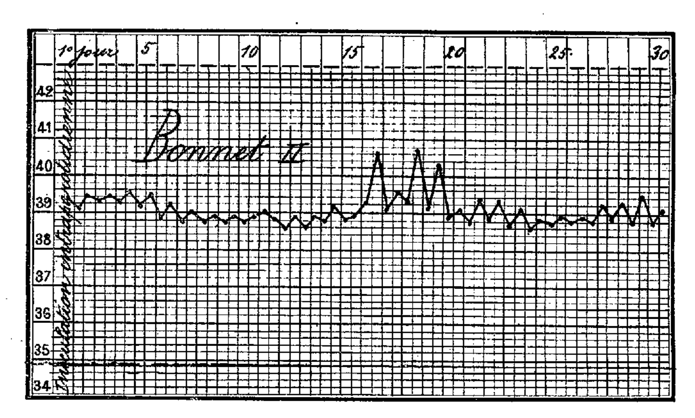
Des examens répétés du liquide parotidien dans les oreillons ne nous ayant montré la présence d'aucune forme microbienne, aussi bien à l'ultramicroscope qu'au microscope, sans chercher à isoler le germe spécifique par des cultures peut-être impossibles, nous avons tenté de réaliser la reproduction des oreillons chez le singe, par inoculation intraparotidienne du virus même, c'est-à-dire du produit de ponction des parotides enflammées. Dans trois cas, nous avons obtenu des résultats assez intéressants pour être publiés :

Première expérience. — Un enfant, atteint depuis 2 jours de parotidite ourlienne du côté droit, présente, le 11 janvier, sa seconde parotidite à gauche. Ce même jour, nous pratiquons sur cette parotide une ponction à la seringue. Une quantité minime de sérosité, mélangée de sang, est recueillie ($\frac{1}{8}$ de centimètre cube environ). Nous injectons aussitôt ce liquide dans la parotide d'un singe femelle et jeune (*Bonnet chinois I*). Aucune réaction locale consécutive. Le 6 février (27e jour), l'animal, demeuré jusqu'alors bien portant, présente, avec une élévation de température, de l'inquiétude et des frissonnements; même état le lendemain. La fièvre dure 7 jours (voir la *Courbe* 1); pendant ce temps, des examens journaliers du sang sont pratiqués au microscope et à l'ultramicroscope; nulle forme parasitaire n'y est décelée. A aucun moment, il n'y a eu de gonflement net des parotides.

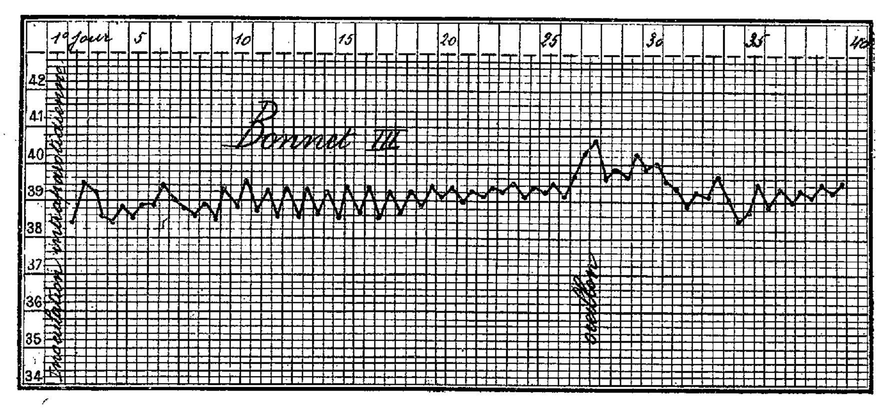
(1) Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.
(2) Cités par Vedrènes (*Rec. des Mém. de Méd. militaire*, 1882, p. 179).
(3) *Soc. de Biologie*, 28 janvier 1893, p. 95, et 20 mai 1893, p. 528.
(4) *Soc. de Biologie*, 7 juillet 1900, p. 675, et *Presse médicale*, 28 octobre 1901.



Courbe 1.



Courbe 2.

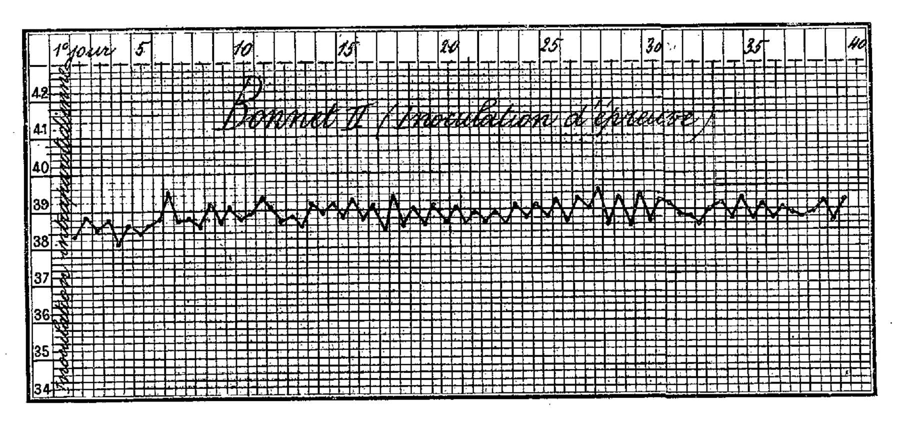


Courbe 3.

Deuxième expérience. — Chez un enfant, malade d'oreillons doubles, nous pratiquons, au 5e jour, la ponction de la parotide atteinte la première; une quantité notable (un quart de centimètre cube) de sérosité sanguinolente en est extraite et inoculée dans la parotide d'un singe mâle et jeune (*Bonnet chinois II*). Aucune réaction locale consécutive. Ce singe a présenté, du 16e au 19e jour, une fièvre nette, sans gonflement appréciable des parotides ou des testicules (voir la *Courbe* 2).

Troisième expérience. — Trois frères, atteints depuis quelques jours d'oreillons doubles, ont permis la récolte d'un matériel important qui a été inoculé, de suite, partie dans la parotide gauche d'un singe bonnet chinois mâle, neuf et jeune (*Bonnet III*), partie dans celle du *Bonnet chinois II*, antérieurement infecté. Aucune réaction locale consécutive chez les deux singes.

Le *Bonnet III* a présenté, du 26e au 30e jour, une fièvre sans symptômes généraux, mais accompagnée d'un *léger gonflement de la parotide gauche* et d'une *impotence douloureuse de l'articulation temporo-maxillaire du même côté*. Cette impotence



Courbe 4.

se traduit par l'impossibilité pour ce singe de vider sa bajoue gauche qu'il conserve pendant une demi-journée tendue et remplie de sa bouillie du matin (riz).

Aucun parasite à l'examen du sang (microscope et ultramicroscope); formule leucocytaire : *mononucléose* (50 polynucléaires, 50 mono-) pendant la durée de la fièvre.

Le Bonnet II, antérieurement infecté, n'a présenté aucune fièvre (voir les *Courbes* 3 et 4).

Une *quatrième expérience*, pratiquée de même manière, mais avec une quantité extrêmement faible de liquide ourlien, n'a déterminé aucune élévation thermique chez le *Bonnet chinois IV*.

D'autre part, l'inoculation du sang de deux des enfants atteints, pratiquée dans la cavité péritonéale des *Bonnets V* et *VI* (7^{cm^3} et 4^{cm^3}) n'a été suivie ni de symptômes, ni de fièvre.

La signification de ces expériences est évidente : *La sérosité des oreillons*

est virulente pour le Bonnet chinois par inoculation intraparotidienne. La maladie se réduit ordinairement chez l'animal à une fièvre de 4 à 7 jours de durée, les symptômes généraux sont faibles ou nuls, le gonflement des parotides généralement inappréciable.

Si fruste que soit cette infection, elle n'en est pas moins spécifique, puisqu'une première atteinte expérimentale vaccine contre l'inoculation d'épreuve. On remarque d'ailleurs parfois chez l'enfant des formes où la lésion parotidienne est sensiblement aussi atténuée. La longue durée de l'incubation de la maladie expérimentale cadre bien avec celle de la maladie naturelle (jusqu'à 20 jours Rendu, 26 Rilliet et Lombard, 30 Antony).

Enfin, la mononucléose se rencontre également chez l'enfant et chez le singe.

BACTÉRIOLOGIE. — *Choléra expérimental des singes inférieurs.* Note de MM. **H. Pottevin** et **H. Violle**, présentée par M. Roux.

Nombre d'essais ont été faits, de divers côtés, pour infecter de choléra les singes inférieurs, par absorption de produits virulents, sans qu'ils aient abouti jusqu'ici à un résultat positif. L'insistance de ces tentatives s'explique par l'intérêt évident qu'il y aurait, au point de vue du développement ultérieur des recherches visant la thérapeutique, la vaccination, et en général la prophylaxie du choléra, à pouvoir déterminer chez le singe une maladie produite, et évoluant, dans les conditions de la maladie humaine.

Nous avons annoncé récemment [1] qu'en les infectant, *per os*, avec les cultures d'un vibrion cholérique, toxigène, nous provoquions chez les singes (*Cynomolgus* et *Rhesus*) un choléra expérimental dont les caractères, cliniques et d'autopsie, rappellent absolument ceux du choléra de l'homme. De nouvelles expériences nous permettent d'étendre, en les précisant, nos premières indications.

Nous avons reconnu qu'il suffisait, pour mettre les animaux en état de réceptivité, de leur administrer une dose de sulfate de soude capable de produire en 3 ou 4 heures un effet purgatif énergique : 7^g à 8^g de sel suffisent en général, mais parfois il faut renouveler l'ingestion et atteindre 12^g ou 15^g. Des doses supérieures atteignant 20^g et plus, laissent d'ailleurs les animaux, l'effet purgatif passé, sans dommage.

---

(1) *Société de Pathologie exotique*, 9 juillet 1913.

Dès que la diarrhée est nettement établie, nous faisons ingérer aux singes, par la sonde, une certaine quantité d'une culture sur gélose âgée de 24 heures, délayée dans 20$^{cm^3}$ d'une culture du même âge, en bouillon.

Quand la dose de culture ingérée atteint le contenu d'une boîte de Petri (du diamètre de 9^{cm}) les animaux meurent toujours dans un délai compris entre 18 et 48 heures. Dans ce cas, il y a intoxication par les toxines préformées plutôt qu'infection véritable, car on obtient sensiblement les mêmes résultats en employant des cultures tuées par l'éther. Avec des doses plus faibles de culture vivante ($\frac{1}{5}$, et même $\frac{1}{10}$ de boîte) la mort est toujours survenue, mais après une maladie sensiblement plus longue, de 2 à 4 jours. Si l'on diminue encore les doses, en substituant du bouillon neuf à la culture de 24 heures, on arrive à réaliser une infection qui tue seulement quelques-uns des inoculés.

Dans toutes nos expériences nous avons utilisé, comme race infectante, le vibrion italien antérieurement décrit par l'un de nous [1]. Des essais tentés avec des doses même beaucoup plus élevées d'une autre race de vibrion cholérique, non toxigène, sont restés infructueux.

Nous avons donné un choléra mortel en employant, comme matériel infectieux, une très petite quantité du contenu intestinal d'un animal venant de succomber. Nous nous proposons d'étudier les modifications que peut éprouver le vibrion cholérique par le fait de ces passages ininterrompus d'animal à animal. Dès maintenant, nous pouvons dire qu'un premier passage n'a certainement pas affaibli sa virulence.

Quand la maladie s'établit, l'hypothermie survient de bonne heure; la diarrhée jaunâtre, due à l'action du purgatif, est remplacée peu à peu par des selles aqueuses, blanchâtres, qui présentent (surtout celles qu'on recueille, à l'autopsie, dans l'intestin), avec une fidélité surprenante, l'aspect classique des selles riziformes du choléra humain. Les préparations faites avec les flocons muqueux montrent des vibrions en abondance, dans leur disposition caractéristique : en *bande de poissons*. A l'autopsie, on trouve le gros intestin indemne, et sur l'intestin grêle les lésions habituelles du choléra. Les ensemencements donnent : avec le contenu intestinal, une culture abondante de vibrions identiques au vibrion infectant; avec le sang du cœur, pas de culture. Le sang délayé dans l'eau physiologique et conservé à l'étuve à 37° pendant 4 heures, ne montre pas trace d'hémolyse.

Le problème des vaccinations anticholériques est, à coup sûr, le plus

(1) Pottevin, *Toxine et antitoxine cholériques* (*Comptes rendus*, 26 mai 1913).

important de ceux que pose présentement la prophylaxie du choléra. Nous avons dès maintenant institué une série d'expériences pour chercher à en préciser les données. Ces expériences, qui doivent serrer d'aussi près que possible les conditions réalisables dans la pratique, ne peuvent manquer d'être longues, mais nous pouvons indiquer déjà quelques résultats.

Les animaux supportent bien les injections sous-cutanées et intraveineuses de cultures vivantes.

Un sérum antitoxique et bactériolytique très actif, préparé avec le vibrion même qui nous fournit la culture infectante, s'est montré doué de propriétés préventives. Un singe qui avait reçu sous la peau 20^{cm^3} de sérum, infecté 5 jours après avec la dose forte (une boîte dans 20^{cm^3} de bouillon de culture), a été malade, mais a résisté. Un second animal, qui avait reçu sous la peau 10^{cm^3} de sérum en même temps qu'une dose infectieuse faible ($\frac{1}{5}$ de boîte dans du bouillon neuf) est mort en 3 jours.

Une première atteinte de la maladie confère l'immunité. Quatre singes qui, ayant reçu des doses faibles de culture, avaient eu seulement un choléra léger, ont résisté à l'épreuve, faite 10 jours après, avec les doses fortes qui tuaient invariablement les animaux neufs.

EMBRYOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la structure et la signification morphologique du peigne de l'œil des Oiseaux.* Note de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Henneguy.

Le corps vitré de l'œil des Oiseaux contient un organe encore énigmatique et sur les fonctions duquel on n'est nullement fixé : c'est ce qu'on appelle, à la suite des anciens anatomistes du XIIIe siècle, le *peigne*. Cet organe est constamment en rapport avec le nerf optique, qu'il semble continuer plus ou moins loin à l'intérieur de l'œil, puisqu'il va même s'insérer sur le cristallin, comme cela se voit chez l'Oie, par exemple. Généralement pigmenté, il tranche par sa couleur noire sur le fond transparent du corps vitré et de la rétine.

Il est classique de décrire le peigne comme un organe essentiellement vasculaire. Ses vaisseaux, admirables par leur finesse et leurs anastomoses d'une élégance rare partout ailleurs, sont séparés les uns des autres par des cellules connectives plus ou moins réunies en réseau, et dont la plupart, sinon toutes, sont bourrées de grains de pigment. Les auteurs ajoutent que le peigne est d'origine choroïdienne, ce qui explique d'ailleurs la présence

de ces cellules mésenchymateuses et leur pigmentation. Le peigne serait donc une formation entièrement mésodermique, comme origine et comme structure.

Or, de nos longues recherches, faites en collaboration avec A. Magitot, sur la structure et le développement du corps vitré, nous sommes arrivé à cette conclusion d'ordre général que le *corps vitré* (fibrilles et cellules), *depuis sa première apparition, jusqu'à sa formation définitive, et pendant tout le temps que dure son évolution, même et y compris le stade vasculaire hyaloïdien, est un organe essentiellement névroglique et par conséquent d'origine ectodermique* (¹).

Le peigne des Oiseaux, partie intégrante semble-t-il du corps vitré, ferait-il exception à cette règle générale, ou bien faut-il le considérer, comme le *stade hyaloïdien* (²) ici définitivement fixé, et partiellement modifié par la suite chez l'adulte ? En d'autres termes est-il une formation mésenchymateuse comme le veut l'opinion générale, ou une formation névroglique et épithéliale ?

Rapports du peigne avec le nerf optique. Structure. — Le nerf optique de certains oiseaux présente sur une coupe longitudinale, entre les faisceaux nerveux, facilement reconnaissables, des colonnades de cellules névrogliques typiques. Ces cellules ont une forme polyédrique, possèdent un gros noyau arrondi et un protoplasma chargé de graines colorables par l'hématoxyline au fer, après une fixation chromo-osmique. Au niveau de l'émergence du nerf optique, ces cellules se groupent en amas ou en nappes et se continuent, fait remarquable, directement dans le peigne. Ainsi s'établit le trait d'union entre celui-ci et le nerf optique.

Situées entre les vaisseaux du peigne, ces cellules conservent leur forme épithéliale. Là, elles se disposent soit en amas, soit en colonnes, dans les espaces laissés libres par l'épanouissement des vaisseaux.

L'examen le plus attentif ne montre aucune cellule étoilée, aucune cellule conjonctive caractéristique. Il n'existe pas non plus de fibrilles conjonctives à l'intérieur du peigne.

(¹) Cf. J. Mawas et A. Magitot, *Étude sur le développement du corps vitré et de la zonule chez l'homme* (*Archives d'Anatomie microscopique*, t. XIV, fasc. 1 et 2, 1912, p. 41-144).

(²) Nous avons donné le nom de *vitré transitoire ou hyaloïdien*, à celui qui se forme et qui accompagne les vaisseaux hyaloïdiens. Cf. la description de l'embryon de 90^{mm} et du manchon névroglique, page 113 du même Mémoire.

L'emploi des méthodes les plus électives, actuellement en usage dans la technique histologique (picro-fuchsine de Van Gieson, picro-bleu de Dubreuil, picro-ponceau de Curtis, la méthode de Mallosy, etc.), ne montrent aucune formation collagène dans l'intérieur du peigne. On en voit, par contre, dans le nerf optique, mais toutes s'arrêtent à la lame criblée. A ce niveau les vaisseaux, eux-mêmes, se dépouillent de leurs enveloppes conjonctives, avant de pénétrer dans l'intérieur du peigne.

Ce dernier est donc *une formation essentiellement névroglique*, pénétrée par des vaisseaux sanguins.

Rôle physiologique probable. — Les hypothèses les plus invraisemblables ont été émises sur le rôle du peigne. Retenons seulement, pour le moment, la seule logique, celle qui en fait un organe de nutrition pour le corps vitré. Elle est basée sur sa richesse vasculaire. Elle nous paraît la plus probable. Les cellules névrogliques, qui entourent les vaisseaux, sont cytologiquement parlant des cellules glandulaires. La variation de chromaticité de leurs noyaux, la présence dans leur protoplasma de grains de sécrétion, colorables électivement, en font l'équivalent des cellules de la rangée claire du corps ciliaire. Nous reviendrons d'ailleurs plus longuement sur ce point, et nous montrerons comment se fait la pigmentation de ces cellules.

Nous considérons donc le peigne comme un organe glandulaire, d'origine ectodermique.

GÉOLOGIE. — *Sur le Néogène du nord de la mer de Marmara.* Note de M. **Arabu**, présentée par M. H. Douvillé.

Ayant commencé, sur les indications de M. Mrazec, une revision de la série tertiaire du bassin de la Thrace, j'ai pu faire, l'année dernière, pendant un séjour de quelques semaines dans la région, un certain nombre d'observations, sur le Néogène qui forme le rivage de la mer de Marmara, dans la partie orientale de ce bassin.

Ce Néogène comprend deux termes séparés par un conglomérat; l'inférieur est essentiellement détritique et, d'après les données actuelles et mes propres observations, semble reposer sur une ancienne surface d'érosion sub-aérienne, post-nummulitique; le supérieur, en retrait vers le Sud-Est, s'appuie directement sur le Dévonien du Bosphore.

Le premier terme consiste en grès micacés grossiers ou fins, verdâtres

bruns ou mauves, en bancs épais (jusqu'à 2^m) alternant avec des argiles à intercalations de lignite et des conglomérats également en bancs.

Il n'y a que la partie supérieure de cette série qui soit fossilifère; j'y ai trouvé près du village de Kallikratia : *Unio* sp., *Congeria byzantica* Andr., *C. ornithopsis* var. Lör., *Melanopsis callosa* A. Braun, *Melania* cf. *Escheri* Merian.

Dans la vallée de la rivière Haramli, près du village de Kalios : *Congeria Gitneri* Brus., *C.* cf. *clavaeformis* Krauss, *Prososthenia candidula* Neum., *Valvata* sp.

Enfin, à 2^{km} au sud de Sirketchiflik, une argile sableuse bleuâtre, m'a fourni : *Barleeia rubra* var. *miocenica* Sacco, *Mohrensternia inflata* Andz., *Cardium* aff. *Kraussi* May., *Corbulomya* aff. *triangula* Nyst., *Melanopsis* sp.

Suivent des grès grossiers sans fossiles, qui supportent le terme supérieur.

Celui-ci débute par un puissant conglomérat, épais de 20^m-25^m, à stratification torrentielle, contenant des lentilles de sable et de tufs volcaniques blancs, interstratifiés; il est formé d'éléments de grosseur moyenne, de roches surtout cristallines et métamorphiques; on y trouve des ossements de Vertébrés (*Camelopardalis attica?* Gaud. et Lart.) et de grands troncs d'arbres silicifiés. Ce conglomérat constitue, sur quelques kilomètres, la falaise littorale entre les deux limans Boujuk et Koutchuk-Tchekmedje; c'est le début d'une série lacustre formée de sables jaunâtres avec bancs gréseux, d'argiles souvent ligniteuses et de calcaires lacustres, blancs, à grain fin, très friables. Des bancs de calcaires très recristallisés pétris de *Mactra*, s'intercalent au milieu de cette série, qu'ils coupent en deux parties : une inférieure, renfermant la faune du Sarmatien des Dardanelles et une partie supérieure, qui est généralement attribuée au Lévantin. A différentes hauteurs s'intercalent des lits de conglomérats dont les éléments sont empruntés à cette formation elle-même.

Ce terme est très fossilifère; près du village d'Ambarly, j'y ai récolté à la base de la série : *Unio* aff. *maximus* Fuchs, *U. Spratti* Neum., *U.* aff. *excentricus* Brus., *Unio* sp., *Melanopsis subpraemorsa* Bog., *M. Sandbergeri* Neum., *M. acanthicoides* R. Hoern., *Bithynia* sp., *Neritina Scamandri* Neum., *Vivipara Hectoris* R. Hoern., *V.* aff. *megarensis* Fuchs. Un peu à l'est de la dernière localité : *Mactra* cf. *fragilis* Sinz., *Melanopsis trojana* R. Hoern., *Neritina* aff. *liturata* Eichw.

Entre le village de San-Stefano et la ferme Floria, le long du rivage, apparaissent sous une couverture argileuse et sableuse des calcaires cristallins blancs à *Mactra bulgarica* Toula, *M. caspia* Eichw., et, dans les argiles et sables supérieurs, se trouvent : *Valvata Kupensis* Fuchs, *Planorbis* aff. *Krambergeri* Hal., *Hydrobia elongata* Eichw., *M. slavonica* Neum., *Hydrobia* sp., *Pisidium* sp., *Dreissenssia* aff. *Eichwaldi* Andr., *Mactra* sp.

Enfin, près de la gare de Koutchuk-Tchekmedje, dans des couches dont les relations avec l'ensemble ne sont pas claires, j'ai trouvé : *Mactra* aff. *crassicolis* Sinz., *caspia* Eichw., *Melania hellespontica* Neum., *Melanopsis acanthicoides* R. Hoern., *M. Abichi* Neum., *M. pergamena* Neum.

D'après sa faune, le dernier terme du Néogène doit être attribué au Sarmatien; il n'est pas encore assez connu pour arriver à un parallélisme précis de ses subdivisions avec celles du Sarmatien des régions voisines; je puis toutefois affirmer la présence de l'horizon inférieur [à *Mactra podolica*], en plus de l'horizon supérieur auquel on avait assimilé toute la série. C'est à ce dernier, ou peut-être au Méotique, qu'on doit attribuer la série lacustre des environs immédiats de Constantinople, comme le prouve la présence de Mactres très voisines de la *Mactra caspia*, et par leur position supérieure par rapport aux calcaires à *Mactra caspia* et *bulgarica;* de même pour les couches de Koutchuk-Tchekmedje, en raison de la présence de *Mactra caspia* et *crassicolis*.

Par leurs affinités, les formes citées, à part un petit nombre qui sont voisines de celles du Néogène moyen de l'Autriche-Hongrie, se rattachent aux faunes sarmatiques et méotiques du nord de la mer Noire, et, par celles-ci, à la faune levantine de l'Europe orientale et méridionale. Quant au terme inférieur, qui a été attribué au Méotique, il présente, en effet, de nombreuses formes très voisines de celles du Pontien inférieur [= méotique] de la Hongrie; mais il est stratigraphiquement inférieur au Sarmatien, comme les anciens observateurs, Ami Boué et Viquesnel, l'ont bien vu. D'autre part, parmi ses formes, il en est qui se retrouvent dans des couches plus anciennes (Helvétien de l'Autriche, Tortonien de l'Italie septentrionale); il est très probable qu'au moins sa partie supérieure, la seule fossilifère, représente un épisode saumâtre de la fin du Tortonien, synchronique des couches à *Spaniodon* de la Russie méridionale et de la Bulgarie orientale. Il est à remarquer que les fossiles des deux termes, qui se rapprochent des formes pannoniques, se retrouvent dans le Néogène de Mégare et de Corinthe et dans celui des îles Mythilène et Eubée.

Les affinités ainsi définies de ces faunes confirment une fois de plus l'idée émise par M. E. Haug sur la persistance, pendant une partie du Néogène, de communications directes entre le nord de l'Adriatique et le sud de la mer Noire, à travers l'Égéide, par le *sillon transégéen*.

La séance est levée à 3 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 juillet 1913.

Alfred Giard. *Œuvres diverses*, réunies et rééditées par les soins d'un groupe d'élèves et d'amis. II. *Faune et flore de Wimereux. Notes diverses de Zoologie.* Paris, Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, 1913; 1 vol. in-8°. (Envoi de la souscription A. Giard.)

Compte rendu des travaux exécutés par le Service géographique de l'Indo-Chine pendant l'année 1912. Hanoï-Haïphong, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1913; 1 fasc. in-8°.

Archives de Médecine et de Pharmacie militaires, publiées par ordre du Ministère de la Guerre; t. LXI. Paris, Nancy, Marc Imhaus et René Chapelot, 1913; 1 vol. in-8°.

Report of the Chief of the Weather Bureau, 1911-1912. Washington, 1913; 1 vol. in-4°.

Magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1912, auf öffentliche Kosten herausgegeben von L. Weinek, Director der k. k. Sternwarte in Prag; Jahrgang 73. Prague, 1913; 1 fasc. in-4°.

Hurricanes of the West Indies, prepared under direction of Willis-L. Moore, Chief of Weather Bureau, by Oliver-L. Fassing. Washington, 1913; 1 fasc. in-4°.

Division territorial de los Estados Unidos Mexicanos, formada por la Direccion general de Estadistica, à cargo del ingeniore Salvador Echagaray : *Estado de Querétaro* y *Estado de Tamaulipas*. Mexico, 1913; 2 fasc. in-4°.

Obras malacológicas de J.-G. Hidalgo; parte II. *Estudios preliminares sobre los Moluscos terrestres y marinos de España, Portugal y las Baleares* (Bibliografia critica); supplementos. (*Memorias de la Real Academia de Ciencias exactos, fisicas y naturales de Madrid;* t. XV.) Madrid, 1913; 1 vol. in-4°.

The importation into the United States of the parasites of the gipsy moth and the brown-tail moth : A report of progress, with some consideration of previous and concurrent efforts of this kind, by L.-O. Howard and W.-F. Fiske. (U. S. Department of Agriculture. Bureau of Entomology. *Bull.* n° 91.) Washington, 1912; 1 vol. in-8°.

Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences; t. XIV, n° 1. Cambridge, Edw.-W. Wheeler, juin 1913; 1 fasc. in-4°.

Universidad de La Habana. *Revista de la Facultad de Letras y Ciencias;* t. XVI, núm. 1, Enero de 1913. La Havane, 1913; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 21 JUILLET 1913.

Annales de l'Observatoire de Paris, publiées sous la direction de M. B. BAILLAUD, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire : *Mémoires;* t. XXXI. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. B. Baillaud.)

Résultat des Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco, publiées sous sa direction, avec le concours de M. JULES RICHARD. Fascicule XLI : *Exploration du nord-ouest du Spitsberg, entreprise sous les auspices de S. A. S. le Prince de Monaco, par la mission Isachsen;* 2e partie, par GUNNAR ISACHSEN et ADOLF HOEL; avec 25 planches. — Fascicule XLIV (*Mission Isachsen*), 5e partie, par HANNA RESVOLL HOLMSEN; avec 9 planches. Imprimerie de Monaco, 1913; 2 fasc. in-4°. (Hommage de S. A. S. le Prince de Monaco.)

La Parthénogenèse naturelle et expérimentale, par YVES DELAGE, Membre de l'Institut, et MARIE GOLDSMITH. Paris, Ernest Flammarion, 1913; 1 vol. in-12. (Hommage de M. Yves Delage.)

Électronique et Biologie, études sur les actions catalytiques, les actions diastasiques et certaines transformations vitales de l'énergie : Photogenèse, Électrobiogenèse, Fonction chlorophyllienne, par P. ACHALME. Paris, Masson et Cie, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Universités de Bordeaux et de Toulouse. *Inauguration de l'Institut français d'Espagne*, 26 mars 1913. Toulouse, imp. Douladoure-Privat; 1 fasc. in-8°.

Mécanique générale : Erreurs et lacunes à la base de la Mécanique classique actuelle; principes et formules nouveaux complémentaires, par E.-E. MARCHAND-BEY. Paris, J. Loubat et Cie, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Climatologie de la région granvillaise, par JULES REGNAULT. (Extr. de *Hydrologica*, revue mensuelle de Climatothérapie; n° 6, 25 juin 1913.) Fécamp, imp. M.-L. Durand; 1 fasc. in-8°.

Méthode Prat : L'air chaud sous pression (Aéro-piézo-thermothérapie), par POL. VERNON. Paris, 1914; 1 fasc. in-8°.

Comètes observées durant l'année 1911 : *Comète Brooks* (1911*c*); *Comète Borrelly* (1911*e*), par S. CHEVALIER. (Extr. des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè:* t. VII, 1911.) Chang-haï, imp. de T'ou-sè-wei; 1 fasc. in-4°.

Étude photographique de la photosphère solaire, par S. CHEVALIER. (Extr. des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè;* t. VIII, 1912.) Chang-haï, imp. de T'ou-sè-wei; 1 fasc. in-4°.

Recueil des observations hydro-météorologiques, publié par la Section hydro-météorologique de l'Administration générale d'Hydrographie; fasc. XI, année 1911, paru en mars 1913. Annexée au XXXVe fascicule des *Annales d'Hydrographie*. Saint-Pétersbourg, Imprimerie du Ministère de la Marine, 1913; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 21 juillet 1913.)

Note de M. *Gard*, Les éléments sexuels des hybrides de vigne :

Page 227, *lire ainsi la note* (2) : COUDERC, *Résultats généraux de l'hybridation des vignes.* (*Congrès international de l'hybridation de la vigne.* Lyon, 1901.)

Page 228, *lire ainsi la note* (1) : N.-O. BOOTH, *A study of grape pollen and what the results indicate.* (*Proceedings international Conference on plant breeding and hybridization.* Horticultural Society, New-York, 1902.)

(Séance du 28 juillet 1913.)

Note de M. *E. Briner*, Sur la dissociation des molécules en atomes, considérée comme un des facteurs de la vitesse de réaction :

Page 283, ligne 1 en remontant, *au lieu de* dérivées, *lire* dénuées.

Note de M. *Ch. Dhéré*, Sur la diversité des hémocyanines suivant leur provenance zoologique :

Page 309, ligne 25, *au lieu de* l'hémocyanine des Mollusques et des Arthropodes, *lire* l'hémocyanine des Mollusques et celle des Arthropodes.

Même page, ligne 29, *au lieu de* Ryncky, *lire* Ryncki.

Page 312, ligne 5, *au lieu de* de nuances, *lire* des nuances.

Même page, ligne 10, *après* pour toutes les oxyhémocyanines, *ajouter une virgule.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AOUT 1913.

PRÉSIDENCE DE M. J. BOUSSINESQ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Baillaud**, délégué de l'Académie au cinquième Congrès de l'Union internationale des études solaires rend compte de sa mission en ces termes :

En l'absence de M. Deslandres, avec qui j'avais été délégué au Congrès de Bonn, je demande la permission d'entretenir l'Académie de ce qui s'est passé à cette réunion. Ayant dû, comme M. Deslandres, quitter Bonn avant la fin du Congrès, je tiens à remercier ici M. de la Baume Pluvinel, secrétaire du Congrès, pour les renseignements qu'il m'a fournis.

Le Congrès a été présidé par M. le professeur Kayser, de l'Université de Bonn : MM. Schuster et G. Hale, qui avaient été présidents de Congrès antérieurs, retenus par des indispositions, n'avaient pu s'y rendre. Le nombre des congressistes dépassait 90, parmi lesquels on comptait 18 Américains. 13 Français étaient inscrits sur la liste : MM. Deslandres, B. Baillaud, J. Baillaud, de la Baume Pluvinel, Bosler, Buisson, Chrétien, Cotton, Croze, Fayet, Hemsalech, Salet, de Watteville : M. de la Baume Pluvinel fut élu Secrétaire.

Dans la première séance, après lecture, par M. H.-H. Turner, du Rapport de M. Schuster, président de la Commission exécutive, M. Abbot lut un Rapport de la Commission désignée pour la mesure de la radiation solaire. M. Fowler lut une Communication de M. Evershed, proposant d'étudier la radiation solaire en comparant l'éclat de la Lune ou des planètes à l'éclat des étoiles. M. Jules Baillaud fit diverses remarques à propos

du Rapport de M. Abbot. Hors séance, il montra un cliché spectral obtenu pendant l'éclipse de 1912, manifestant les variations de l'éclat des diverses régions du Soleil.

La deuxième séance fut présidée par M. Küstner. M. Buisson lut le Rapport, rédigé par M. Fabry et par lui, de la Commission des étalons de longueur d'onde. M. Kayser fit une Communication sur le même sujet; MM. Runge, Hartmann, Konen, Michelson (de Moscou) et Paschen firent diverses observations. M. Schlesinger lut le Rapport de la Commission des spectres stellaires; cette lecture fut suivie d'observations de M. E.-C. Pickering. M. Deslandres fit une Communication sur l'atmosphère du Soleil et sur les résultats des travaux de l'Observatoire de Meudon.

Dans la troisième séance présidée par M. Schwarzschild, M. Riccò fit une Communication sur la statistique des protubérances. On entendit des observations de M. Saint-John au sujet des appareils du mont Wilson, de M. Slocum sur les résultats obtenus à l'Observatoire Yerkes avec le spectrographe Rumford, de M. Chrétien sur le spectrohéliographe dessiné et installé par lui à l'Observatoire de Nice, de M. Donitch sur le spectrohéliographe de Starya Dubossary, des remarques de M. Butler à propos du spectrographe de Cambridge précédemment employé à South Kensington. M. Julius fit devant le Congrès une Communication avec expériences, sur l'interprétation des taches solaires.

La quatrième séance, présidée par le professeur Runge, fut consacrée à la lecture du Rapport de la Commission pour la mesure de la rotation du Soleil par le déplacement des raies, Rapport lu par M. Plaskett; du Rapport de la Sous-Commission des protubérances proposant une unité de surface et une classification choisies de manière à permettre plus de précision dans la statistique; MM. Fowler et le P. Cortie firent des observations à ce sujet; M. Fowler lut le Rapport de la Commission du spectre des taches solaires; M. A. de la Baume-Pluvinel, après avoir lu le Rapport de la Commission des éclipses, donna des indications relatives à l'éclipse du 21 août 1914. MM. Backlund et Donitch se mirent à la disposition des astronomes qui iront en Russie l'observer.

Le soir à $8^h 30^m$ on visita une exposition de divers instruments dans les locaux de l'Institut.

Dans la cinquième séance présidée par le professeur Pringsheim, sur la proposition de M. Riccò autorisé par le Gouvernement italien, il fut décidé que la réunion de 1916 se tiendrait à Rome. M. Stratton et le Major Hills proposèrent que la réunion de 1919 ait lieu à Cambridge. M. Duffied

demanda à l'Union d'approuver la création d'un observatoire solaire en Australie.

Au cours du Congrès, eut lieu, sous la présidence de M. Pickering, une réunion de la Commission des grandeurs du Comité international permanent de la Carte photographique du Ciel.

Étaient présents : MM. E.-C. Pickering, président; O. Backlund, B. Baillaud, Dyson, Schwarzschild, H.-H. Turner, J. Baillaud, Eberhart, Hertzsprung, Parkurst, Plaskett, Russell.

Dans cette réunion, des Communications importantes ont été faites par plusieurs astronomes : M. Pickering a été chargé d'en tirer les éléments d'un Rapport qu'on espère pouvoir imprimer prochainement. Au cours de la discussion, il a été dit par nombre d'astronomes qu'il était désirable qu'une nouvelle réunion du Comité international permanent ait lieu en 1915. On peut penser qu'à cette époque le travail sera assez avancé pour qu'on puisse en assurer pour une date peu éloignée l'entier achèvement.

Des réceptions par les municipalités de Bonn et de Cologne, par M. le professeur Küstner, directeur de l'Observatoire, et par M. le professeur Kayser, des excursions dans les montagnes voisines de Bonn et jusqu'à Coblentz ont rempli les heures qui n'étaient pas consacrées au travail, et ont établi entre les congressistes, les dames qui accompagnaient beaucoup d'entre eux et leurs hôtes, des relations aimables et cordiales qui sont un avantage non négligeable de tels congrès.

NAVIGATION. — *Au sujet des origines de l'oscillographe double pour l'enregistrement simultané de la houle et du roulis.* Note de **M. L.-E. Bertin.**

Dans le Volume récemment publié par M. Ed.-W. Bogaert, dont l'auteur m'a prié d'offrir un exemplaire à l'Académie (¹), se trouve étudié, parmi les diverses applications de l'effet gyrostatique, le premier appareil qui ait enregistré le roulis des navires. M. Bogaert donne la durée du mouvement de précession de sa toupie assimilable à la période d'oscillation d'un pendule.

(¹) *L'effet gyrostatique et ses applications*, n° 38, Trace-roulis de Paris et de Frahm.

D'après la formule (¹)

$$t = \frac{2\pi}{g}\frac{\rho^2\Omega}{l},$$

cette durée atteint 126 secondes.

L'oscillographe double qui a servi aux observations consignées dans un Mémoire inséré au *Recueil des Savants étrangers* portait, au lieu de la toupie de l'amiral Paris, un pendule compensé dont la période ne dépassait pas 60 secondes. Le gyroscope a donc la supériorité d'une période double. D'ailleurs, comme la période de 60 secondes a suffi pour assurer l'immobilité du pendule à la mer, celui-ci conserve tout l'avantage de sa simplicité. L'appareil construit un an plus tôt par William Froude portait aussi un pendule dont la période ne devait guère différer de 60 secondes.

L'origine de l'oscillographe double peut offrir quelque intérêt. J'en tracerai brièvement l'histoire.

L'idée d'appliquer le pendule compensé à l'observation du roulis appartient à Dupuy de Lôme qui me chargea, en 1863, de construire un oscillomètre à pendule pour la campagne d'essai des premières frégates cuirassées. La combinaison de deux pendules de longueurs différentes fut proposée presque à la même époque par l'amiral Mottez, alors capitaine de frégate. Il est à noter que la durée de la période ne préoccupait nullement Dupuy de Lôme qui comptait sur les effets d'une grande différence de longueur entre les deux branches d'un pendule à forte prépondérance ; la branche inférieure était courte et lourde, la branche supérieure longue et légère. D'autre part, l'amiral Mottez n'avait en vue que la recherche de l'axe de rotation dans le roulis ; il ne croyait pas et n'a jamais cru au mouvement de translation horizontale des navires dû au mouvement orbitaire de l'eau ; il est resté fidèle à l'hypothèse de Newton, dite du syphonnement.

La construction de l'oscillomètre de Dupuy de Lôme et mes très intimes relations avec l'amiral Mottez ont très certainement été l'origine de mes propres recherches. Avant de connaître les lois de la houle, je pensais, comme mon ancien maître Reech, que le mouvement de l'eau devait être orbitaire et que le navire subissait, par suite, des oscillations horizontales capables d'influer sur la position d'équilibre d'un petit pendule, quelle que fût la position de celui-ci à bord. Mes souvenirs sur ce point se précisent

(¹) Dans cette formule bien connue, ρ est le rayon de gyration de la toupie autour de son axe, Ω sa vitesse de rotation et l la distance de son centre de gravité à son point d'appui.

par la date d'un voyage à Cherbourg de notre confrère M. Wolf à qui je fis voir, en 1867, le premier oscillographe à deux pendules, et lui en exposai le principe.

L'instrument trop primitif, qui me servit en 1868 à bord de la *Savoie*, me donna dès le début une déception. Le pendule compensé, avec ses deux lentilles mobiles, ne pouvait pas approcher de la durée de période indispensable sans devenir indifférent. Le seul résultat de la compensation était de lui faire prendre un mouvement propre désordonné. Il fallut donc retirer la lentille supérieure de sa tige filetée et se contenter de l'enregistrement du roulis relatif par rapport à la normale à la houle. Cet insuccès me fit regretter l'oscillographe à toupie qui aurait permis d'enregistrer le roulis absolu parallèlement au roulis relatif.

En 1869 je reçus, de mon collègue et ami M. Villaret, une copie de la traduction alors inédite du Mémoire de William Froude : *On rolling of ships* qu'il venait de terminer en collaboration avec M. Daymard. Ce Mémoire et surtout la Communication faite par Reech sur les lois de la houle me décidèrent à publier mon *Étude sur la houle et le roulis*, dont j'adressai une copie à M. Delaunay quelques mois avant son impression en octobre 1869. Dans l'intervalle, j'eus connaissance, par les citations dans des Ouvrages étrangers, de l'existence de la *Theorie der Welle*, de Franz von Gerstner, restée ignorée chez nous. J'entrai ensuite en relations épistolaires suivies, en Italie, avec Alessandro Cialdi; en Angleterre, avec William Froude qui voulut bien qualifier de *very suggestive* ma première brochure, où se trouve préconisée la combinaison de la toupie et du pendule court.

Ce qui suit est assez connu. W. Froude construisit, en 1871, son oscillographe double, en y introduisant, à juste raison, non pas une toupie, mais un pendule bien étudié pour réaliser une très longue période. L'exemple de l'Angleterre détermina l'allocation du crédit nécessaire à la construction de l'instrument peu différent de celui de W. Froude, qui a été mis en service sur la *Navette*, le *Duchaffaut*, l'*Annamite*, le *Milan* et le *Djemmah*.

En terminant, c'est acte de simple justice envers le Livre de M. Bogaert de dire que l'application au trace-roulis est la moindre de celles de l'effet gyrostatique qui y sont étudiées. On y trouve, par exemple, en ce qui concerne la marine seulement, les formules relatives à la fatigue des arbres disposés transversalement à bord, à l'emploi du gyroscope pour combattre le roulis, au mouvement dans l'air des projectiles ogivaux, etc. Les ingénieurs des diverses spécialités trouveront beaucoup à y glaner. L'auteur ne s'est pas borné à rassembler les théories éparses dans les œuvres de nombreux

savants ; il a imprimé son cachet personnel dans la simplicité de méthodes de calcul nouvelles et dans plusieurs recherches entièrement originales.

MINÉRALOGIE. — *Les cipolins de Madagascar et les roches silicatées qui en dérivent.* Note de M. A. LACROIX.

Les schistes cristallins, qui constituent l'ossature de la partie ancienne de Madagascar, peuvent être répartis en deux séries, dans lesquelles des études ultérieures permettront certainement d'établir des distinctions plus nombreuses.

La série supérieure consiste en schistes, en quartzites et en calcaires modifiés par des phénomènes métamorphiques d'importance fort inégale, qui sont surtout intenses à la base, passant insensiblement à la série suivante. L'âge des moins anciennes de ces roches est au moins carbonifère, car des blocs s'en rencontrent dans le conglomérat du Permien du Sud-Ouest. En quelques points des hauts plateaux et de la côte nord-est, il existe des schistes carburés si peu métamorphisés qu'il est bien vraisemblable que tôt ou tard on y trouvera des fossiles permettant de préciser leur âge.

Les intrusions de roches éruptives (granites, pegmatites, gabbros, etc.) abondent au milieu de ces vieux sédiments, dont elles restent toujours distinctes, quelle que soit l'importance du métamorphisme de ceux-ci. Il n'en est plus de même pour la série inférieure, dans laquelle il est souvent très difficile de faire la part de ce qui revient aux roches originellement éruptives, sédimentaires ou métamorphiques (de contact), tant ont été puissants les phénomènes de recristallisation auxquels elles doivent leur faciès actuel. Cependant, il existe dans cette série des lits de calcaires cristallins ayant une très grande importance théorique en ce qu'ils pourront servir de points de repère pour les études de détail de l'avenir et en ce qu'ils permettent de démontrer dès à présent l'origine sédimentaire de certaines portions de ce complexe cristallin. Ces cipolins ont en outre un certain intérêt économique dans une vaste région, où ils sont la seule source importante de carbonate de chaux [1]. Malheureusement, à ce point de vue, leur fréquente richesse

[1] Il est fréquent de trouver à leur voisinage (Ambatomainty, etc.) des tufs calcaires récents formés à leurs dépens. Quelques sources thermales des hauts plateaux (Mahatsinjo, Antsirabé) fournissent aussi du calcaire souvent impur.

en minéraux, intéressante pour le minéralogiste, nuit à leur utilisation pratique.

Pour ces diverses raisons, il me paraît utile de préciser les propriétés de ces calcaires et des roches entièrement silicatées qui en dérivent. Ils sont distribués dans toute l'étendue de l'île, depuis le nord jusqu'à l'extrême sud. Les quelques indications géographiques données ci-dessous pourraient être multipliées à l'infini. Elles sont tirées de mes observations personnelles sur le terrain et des indications que m'a fournies l'étude des collections, que je dois en particulier à MM. Baron, Bonnefond, Colcanap, Dropsy, Fauchères, E. Gautier, Giraud, A. et G. Grandidier, Lemaire, Marabail, Mouneyres, Orsini, Perrier de la Bathie, Rouquette et Villiaume.

Ces cipolins, le plus souvent blancs, et constituant alors, quand ils sont homogènes, de véritables marbres, sont parfois roses ou bleutés; leur matière charbonneuse originelle a laissé sa trace parfois sous forme de lames de graphite ou seulement sous celle d'une odeur empyreumatique se dégageant sous l'action du choc (Pays Mahafaly). Ils doivent être divisés en deux groupes, suivant que leurs minéraux sont exclusivement magnésiens ou bien calciques ou calcomagnésiens.

Assez rarement, les cipolins magnésiens sont uniquement constitués par de la dolomite saccharoïde (est d'Ambatofinandrahana); plus souvent, ils sont formés par un mélange de calcite et de dolomite ou bien par de la calcite seule. Leurs minéraux non carbonatés caractéristiques sont des spinelles, généralement verts, parfois rosés ou violacés (c'est là l'origine des spinelles se rencontrant dans les alluvions), les espèces du groupe humite-chondrodite jaunes ou d'un brun rouge, la forstérite, la phlogopite et moins fréquemment le diopside et des amphiboles grisâtres (pargasite). Je citerai les gisements suivants comme particulièrement intéressants : Ambohidempona à Tananarive; Ambohidrazana près Tsiafahy; Ambatomainty au sud de Betroka [ce gisement renferme des cristaux de spinelle vert à faces éclatantes ($a^1 b^1 a^3$) atteignant 2^{cm} et pouvant lutter par leur beauté avec les plus remarquables connus].

La région d'Ampanihy (Mahafaly) (très gros cristaux de chondrodite avec graphite et sphène); la haute vallée du Manambolo, etc.

Malgré leur abondance, ces minéraux ne constituent que rarement des roches entièrement silicatées. Je signalerai seulement à cet égard les pyroxénites à diopside et spinelle d'Ambatomainty et des roches à chondrodite, phlogopite et graphite du pays Mahafaly.

Les cipolins à minéraux calcaires renferment d'une façon constante du

diopside, parfois blanc (Soavinarivo; Antetezambato, au nord-ouest de Mahanoro; Kiranomena), plus généralement vert. Il peut être accompagné d'amphiboles (trémolite, actinote, hornblende, pargasite), de micas, de feldspaths, de quartz, de sphène. Ce type simple est le plus répandu dans toute l'île. Il s'y ajoute parfois de la scapolite [environs de Bejofo; Ambohidempona, Ambohimirakitra; Ampanihy (avec corindon); rive gauche du Mandraré, etc.] ou de la wollastonite (Antetezambato).

Une mention spéciale est due aux cipolins à grandes lames d'Imaina, qui, en outre du diopside vert et du quartz, renferment des grains *d'or natif* et de pyrite.

Autant les accidents entièrement silicatés sont rares au milieu des cipolins Magnésiens, autant ils sont fréquents dans les types calcaires; ils constituent des roches de composition variée, soit associées d'une façon intime aux cipolins, soit indépendantes quand la silicatisation de ces derniers a été complète.

La structure de toutes ces roches est en général granoblastique et très exceptionnellement (Soavinarivo) pœciloblastique; les types les plus fréquents sont des *gneiss à pyroxène*, essentiellement formés de diopside vert et de feldspaths, avec un peu de sphène. Les variétés dans lesquelles le feldspath dominant est de l'orthose sont généralement quartzifères (entre Fianarantsoa et Mananjary; vallée du Manambolo.

Plus fréquents sont les types à plagioclases basiques (nord d'Etsira dans l'Androy, Ampanihy, etc.). Ils contiennent parfois du grenat (entre Nossibé et Andakana; environs d'Ampanihy). Un accident de ce type consiste en *grenatites* feldspathiques sans pyroxène formées de grossulaire ferrugineux brun rouge et d'anorthite (Antranovato près Bejofo; entre Ejeda et Ampanihy; Ambatonahilala, Imasinandriana au nord-est de Tananarive).

Fréquemment ces gneiss à pyroxène renferment de la hornblende et peuvent alors passer à des amphibolites feldspathiques. Ailleurs, le feldspath est en partie remplacé par des wernérites et cela arrive aussi bien dans les gneiss à orthose [Bejofo; col d'Elakelaka (avec wollastonite); nord d'Etsira] que dans ceux à plagioclases (Ambohimirakitra; région d'Ampanihy).

Enfin, le feldspath peut disparaître entièrement et la roche devient une *wernéritite* (Antranovato et rivière Beheny; Isandela, au sud de Tsilamaha; sud de Tsivory; région d'Ampanihy), au milieu de laquelle se trouvent parfois d'énormes individus de scapolite. J'en ai recueillis à Ambohimirakitra fournissant des clivages de 20^{cm} de longueur. Très exceptionnellement, la wernérite est un dipyre (entre Ampanihy et Tranoroa).

Il n'est pas rare de rencontrer dans ces roches de la wollastonite (Ambohitsora, près Bejofo, avec du sphène brun, nord d'Etsira), qui devient parfois prédominante ou existe seule dans des *wollastonitites*, dont les éléments atteignent 1^{dm} (vallée du Manambolo).

Enfin, des roches entièrement constituées par du pyroxène se rencontrent d'une façon indépendante ou comme dégradation de gneiss à pyroxène; dans les unes, le diopside est blanc laiteux, à plans de séparation $p(001)$, telles sont les pyroxénites de la Kiranomena et celles de Soavinarivo, dont les cristaux élémentaires atteignent 25^{cm} de longueur; les autres, répandues dans toute l'île, renferment un diopside plus ou moins ferrifère présentant toute la gamme des colorations vertes.

Au contact des massifs de granite et des dykes épais de pegmatite, les calcaires de la série supérieure deviennent marmoréens et présentent des transformations de l'ordre de celles qui viennent d'être décrites dans la série ancienne; mais, en général, les roches entièrement silicatées sont des cornéennes à grain plus fin que les types gneissiques correspondants. La structure y est, en outre, plutôt pœciloblastique que granoblastique. A ce point de vue, les cornéennes à pyroxène, scapolite, mica, etc., de la région du Mont Bity, sont à citer d'une façon spéciale. L'ensemble des roches de Soavinarivo établit le passage structural entre les types normaux de la série inférieure et les roches de contact.

En terminant, j'appellerai l'attention sur le caractère exceptionnel des contacts granitiques d'Ambatoarina à l'est d'Ambatofangehana, où j'ai rencontré des associations minérales tout à fait insolites : des calcaires marmoréens renferment en abondance une amphibole bleue nouvelle, riche en alcalis et pauvre en alumine (*imerinite*), associée à de l'albite, du quartz, parfois de la phlogopite, de la pyrite et de la *galène*. Certains lits, à très gros éléments, sont plus ou moins dépourvus d'amphibole, mais contiennent, avec de l'albite et du quartz, de la *barytine* et des cristaux jaunes très petits, mais fort nets, de *monazite* et de *xénotime*. La présence de ces deux derniers minéraux est à souligner, non seulement parce qu'ils sont trouvés pour la première fois dans de semblables conditions, mais encore parce qu'elle indique l'une des origines possibles des cristaux, de même forme et de mêmes dimensions, qui existent dans les alluvions de nombreuses rivières de l'île et dont le gisement en place restait à découvrir (1).

---

(1) J'ai bien signalé la monazite dans les pegmatites de Madagascar, où elle est loca-

Ce rapide exposé montre l'intérêt que présentent les cipolins de Madagascar et les roches silicatées qui en dérivent. La grande Ile mérite de devenir classique à cet égard, car nulle part ailleurs peut-être ces roches ne sont plus nombreuses, ni plus variées ; je montrerai ultérieurement qu'elle renferme en outre, et parfois dans les mêmes régions, des gneiss à pyroxène de composition analogue à celle de quelques-unes des roches décrites plus haut, mais ayant cependant une tout autre origine, car ils résultent de la transformation de roches éruptives (gabbros et diabases).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux de ses Membres qui devront faire partie, pendant l'année scolaire 1913-1914, du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

MM. **H. Léauté** et **H. Le Chatelier** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la *Commission de contrôle de la Circulation monétaire*.

M. **Armand Gautier** réunit l'unanimité des suffrages.

NOMINATIONS.

M. le **Maire de la ville de Beaune** et le **Comité E.-J. Marey** invitent l'Académie à se faire représenter à l'inauguration du monument élevé,

---

lement très abondante, mais elle y forme toujours d'énormes cristaux de plusieurs centimètres, différant comme aspect de ceux des alluvions, qui n'ont guère qu'une fraction de millimètre. J'ai rencontré tout récemment avec ces derniers de gros cristaux de xénotime, brun jaunâtre, semblables à ceux du Brésil (alluvions de Kiravoravo, près Amboasary et de la Volatarana).

par souscription publique, à *E.-J. Marey*, qui aura lieu à Beaune le 7 septembre 1913.

M. A. Dastre est désigné pour représenter l'Académie à cette solennité.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome VIII des *Arbeiten des Königlich-Preussischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre* 1912, publié par le Dr Richard Assmann, Directeur.

2° *L'effet gyrostatique et ses applications*, par Ed.-W. Bogaert. (Présenté par M. E.-L. Bertin.)

MM. Jules et André Boeckel, Blayac, Robert Douvillé, Gougerot, Ernest Solvay adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. Paul Becquerel, Charles Lormand adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte* en 1913.

GÉODÉSIE. — *Essai d'exploration géhypsographique.* Note (1) de M. A. Romieux, transmise par M. Ch. Lallemand.

Je vais justifier les faits géhypsographiques que j'ai annoncés (2).

La notation des points de courbe sera : leur cote entre [ ]. Soient : σ, s, superficies, $+\alpha_m$, $-p_m$, $+\alpha_M$, $-p_M$, cotes moyennes et maximas des

(1) Transmise dans la séance du 4 août 1913.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 36. (A l'avant-dernière ligne de la Note, *lire :* Ces faits sont, *au lieu de :* Ils sont.)

terres et du fond des mers; s_e, base de l'équidéblai premier océanique; $-p_v$, cote moyenne de son fond; $-p_N$, cote $\left(=-\left(p_v-\alpha_v\frac{D}{\Delta-D}\right)\right)$ du *point neutre océanique* (sous lequel la pression à la base E de ce voussoir (¹) est la même qu'avant la déformation; le *point neutre continental* $[+\alpha_N]$ est $[+\alpha_v]$); enfin, pour abréger, $+\alpha_i$, $-P_e$, $-P_v$, $-p_i$, au lieu de $+\frac{1}{2}(\alpha_m+\alpha_v)$, $-(p_e+\alpha_v)$, $-(p_v+\alpha_v)$, $-\left(p_v+\alpha_v+\frac{1}{2}(\alpha_m+\alpha_v)\right)$.

Les valeurs adoptées après sévère discussion par Wagner fixent σ à $\frac{8,5}{30}S_e$ et s_e à $\frac{17}{30}S_e$ (d'où $s_e=2\sigma$, $\sigma_e=s-\sigma$), et mettent p_v à presque égalité avec $p_m+\alpha_m$ (il ne l'excède que de 28^m). Il y a beaucoup d'autres coïncidences remarquables. Si l'on construit avec une minutieuse précision, à l'échelle de 1^{mm} pour 100^m (ordonnées), par $10^6\times 2\,km^2$ (abscisses), les 13 points qui définissent la courbe de Wagner (*Areal*..., Tableau LVII), puis ceux-ci dont 25 empiriques :

$+\alpha_m$	Wagn.	o.	$-\alpha_m$		$\sigma_e-\frac{1}{2}(s_e-\sigma_e)$	$-\frac{1}{2}P_v+p_v)$		$\frac{1}{2}S_e+\frac{1}{2}s_e(=s)$
$+\alpha_M$		$\frac{1}{8}s$	$-\frac{1}{2}p_e$		$\sigma_e-\frac{1}{8}\sigma_e$	$-P_v$		$\frac{1}{3}S_e+\sigma_e$
$+\alpha_i$		$\frac{1}{2}\sigma_e-\frac{1}{8}s$	$-\frac{1}{2}p_m$		$\sigma_e-\frac{1}{3\times 8}s$	$-\left(P_v+\frac{1}{2}\alpha_v\right)$		$\frac{2}{3}S_e+\sigma_e-\frac{1}{2}s_e$
$+\frac{1}{2}\alpha_m$		$\frac{1}{4}s_e\left(=\frac{1}{2}\sigma\right)$	$-\frac{1}{2}P_v$		$\frac{3}{4}s_e$	$-2p_e$		$2\sigma_e$
$+\alpha_v$(ou α_N)		$\frac{1}{4}s$	$-p_e$	Wagn.	σ_e	$-\left(2p_e+\frac{1}{2}\alpha_v\right)$		$S_e-\frac{1}{8}s$
$+\frac{1}{2}\alpha_v$		$\frac{1}{2}\sigma_e$	$-\frac{1}{2}(p_e+p_v)$		$\frac{1}{2}S_e$	$-(P_e+p_e)$		$S_e-\frac{1}{8}\sigma_e$
o	Wagn.	$\frac{1}{2}s_e(=\sigma)$	$-p_m$		$\sigma_e+\frac{1}{8}s$	$-p_i$		$S_e-\frac{1}{2\times 8}s$
$-\frac{1}{2}\alpha_v$		$\frac{1}{3}S_e$	$-\frac{1}{2}(p_m-p_v)$		$\sigma_e+\frac{1}{4}s_e$	$-2P_e$		$S_e-\frac{1}{3\times 8}s$
$-\alpha_v$		$\sigma_e-\frac{1}{8}s$	$-p_N$		$\sigma_e+\frac{1}{4}s$	$-p_M$	Wagn.	S_e
$-(\alpha_m-\alpha_v)$		$\frac{1}{2}s$	$-p_v$		$\frac{2}{3}S_e$			

les deux séries déterminent avec délicatesse graphique une seule et même courbe : la seconde série affermit même la régularité du tracé. Or presque toutes ces abscisses empiriques sont des fonctions étonnamment simples

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 36.

de S_e, σ_e, s_e (ou σ) et s. Bien plus, une ordonnance inattendue se révèle entre points souvent analogues. Ainsi les trois points $\left[+\frac{1}{2}\alpha_\nu\right]$, $\left[-\frac{1}{2}(p_e+p_\nu)\right]$, $\left[-\frac{1}{2}(P_\nu+p_\nu)\right]$, mi-niveaux principaux, tombent au milieu des voussoirs continental, global et océanique; le *point d'inflexion littoral* [o] est à $\frac{1}{2}\sigma_e$ du 2e, comme le 3e, mais symétriquement; le 1er, placé à $\frac{1}{2}s_e$ du 2e, donc à $\frac{1}{2}S_e$ du 3e, est flanqué, à $\frac{1}{8}s$ et $\frac{1}{2}s$, des mi-niveaux analogues $[+\alpha_i]$ et $\left[-\frac{1}{2}(p_m+p_\nu)\right]$. Ce dernier point tombe au milieu de l'intervalle $[-p_e]\left[-\frac{1}{2}(P_\nu+p_\nu)\right]$, égal à $\frac{1}{2}s_e$; de même $\left[+\frac{1}{2}\alpha_m\right]$ au milieu de l'intervalle égal $[+\alpha_M]$ [o], ce qui le met à σ_e du précédent. De $[-p_e]$ au point neutre $[-p_N]$, de $[+\alpha_M]$ au point neutre $[+\alpha_\nu]$, l'écart est $\frac{1}{4}s$; $[-p_m]$ et $[+\alpha_m]$ tombent à mi-écart, et cela met entre eux la distance σ_e, de même qu'entre les points neutres. Enfin $[-p_\nu]$, niveau d'équidéformation seconde océanique, et $\left[-\frac{1}{2}\alpha_\nu\right]$, niveau (ou mi-niveau) conventionnel de la crête pariétale submergée, partagent S_e par tiers; à $\frac{1}{3}S_e$ également de $[-p_e]$ et aussi à σ_e de $\left[-\frac{1}{2}\alpha_\nu\right]$, se trouve $[-P_\nu]$, *point d'inflexion abyssal; etc., etc.* Les contacts de la bitangente aux concavités se font vers $[-p_m]$ et $[+\alpha_m]$, ceux de la bitangente-sécante vers $[-p_i]$ et $[+\alpha_i]$, et c'est $\left[-\frac{1}{2}p_e\right]$, *point d'inflexion pariétal*, qui est point de sécance.

Quant à la volumétrie, voici le procédé suivi :

Partant des valeurs de Wagner : $\alpha_m = 0^{km},7$; $p_m = 3^{km},5$; S_e (en km$^2 \times 10^6$) $= 510,0$; $\frac{\sigma_e}{S_e} = \frac{221}{510}\left(=\frac{13}{30}\right)$; $\sigma = 144,5\left(=\frac{1}{2}s_e\right)$; et de celles *non arrondies* qu'on en tire : β (en km$^3 \times 10^6$) $= 101,15$; $V = 1279,25$; $p_e = 2^{km},31$, j'ai admis $\frac{B_e}{\sigma_e} = \frac{V}{S_e}$ (et par conséquent $\beta = S_e\alpha_\nu$) et mes abscisses empiriques de $[+\alpha_\nu]$, $[-p_m]$, $[-p_\nu]$, $[-(P_e+p_e)]$, $[-2P_e]$ seulement; j'ai calculé tous les volumes élémentaires calculables et supputé en mm^2 les quelques appoints graphiques restants; j'ai obtenu ainsi :

$B_e = 554,3$; $v_m = 234,4$ (¹); $[\beta = 101,15]$; $(\beta_e = v_e) = 78,5$ (¹); $\beta_m^d = 45,0$ (²).

(¹) v_e^d (équidéblai) et la valeur qui s'en déduit pour v_m^d ont été trouvés inférieurs de 2,0 et mis de côté parce que les causes d'erreurs s'y accumulent.

(²) β_m^r (équiremblai) est peu supputable, vu l'acuité et la faible sûreté du tracé au-dessus de 2^{km}.

Or la série (2) de rapports égaux que j'ai annoncée donne :

$B'_e = 554,3$, $v'_m = 240,2$, $\beta' = 104,1$, $(b'_e) = 79,6$, $\beta'_m = 45,1$.

Pour contrôle, j'ai calculé les aires des trapèzes définis par ma série empirique de points et tenté les corrections de courbure possibles, par la formule : $c = \frac{5}{8}$ corde $\times$ flèche. De plus, observant que la racine, très voisine de $\frac{12,990925}{30}$, d'un polynome algébrique en $\frac{\sigma_e}{S_e}$ qui est du 5e degré comme paraît l'être aussi la courbe, assure compatibilité rigoureuse entre $p_m + \alpha_m = p_v$, $2\sigma = s_e$ et (2), j'ai fait le tracé, toujours selon la série empirique, et calculé les aires, des deux courbes *théoriques* définies avec $\frac{12,990925}{30}$ par $\alpha_m = 0^{km},71$, puis $0^{km},72$. Voici les trois groupes de résultats, complétés par les volumes singuliers : v_m, *supra* $[-\alpha_m]$; b_m, *infra* $[-p_N]$; b_m, *infra* $[-P_v]$:

B^r_e	549,8	v_m	225,7	β	101,15	β^r_e	79,0	β_m	46,3
B^d_e	549,3	v^d_m	229,3	b	100,9	v^d_e	72,9	b_m	44,2
B'_e	554,3	v'_m	240,2	β'	104,1	b^d_e	79,6	β'_m	45,1
B^r_e	544,0	v_m	228,6	β	102,65	β^r_e	80,0	β_m	47,2
B^d_e	544,8	v^d_m	227,2	b	102,6	v^d_e	73,8	b_m	44,6
B'_e	547,4	v'_m	237,1	β'	102,65	b'_e	78,4	β_m	44,5
B^r_e	552,0	v_m	232,2	β	104,095	β^r_e	81,6	β_m	47,9
B^d_e	551,1	v^d_m	229,1	b	102,9	v^d_e	73,9	b_m	44,4
B'_e	555,1	v'_m	240,4	β'	104,095	b'_e	79,4	β'_m	45,1

L'erreur systématique visible aux B_e se répercute forcément sur v^r_m, β^d_e, v^r_e. Mais la moyenne des quatre (β_e, v_e) concorde partout avec b'_e; et il y a légitimité équivalente à admettre les quatre égalités :

(3) $v_m = v_m$, $\beta = b$, $\beta_e = v_e$ (notation globale : b_e), $\beta_m = b_m$.

Certes la belle géhypsographie de M. H. Wagner contient sa part inéluctable d'hypothèse. Toutefois est-il supposable que tant d'harmonie latente, et en tels détails, puisse être née de quelque préconception coordinatrice d'un géographe aussi scrupuleux ?

Toute discussion réservée, ces faits portent à penser que (1), (2), (3) peuvent être *une loi, du moins de première approximation*. Sous la forme de *poids en progression géométrique*, sa portée théorique apparaît :

$$VD = B_e\Delta = v_m\Delta\frac{\Delta}{D} = \beta\Delta\frac{\Delta^2}{D^2} = (\beta_m\Delta = b_e(\Delta - D))\frac{\Delta^3}{D^3}.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Expression directe des fonctions électro-sphériques; formation d'équations différentielles vérifiées par ces fonctions.* Note de MM. A. **Guillet** et M. **Aubert**, présentée par M. Amagat.

I. Les fonctions *électro-sphériques* P sont engendrées par le développement suivant :

$$F(x, a, b, z) = (1 + zx + a^2z^2)[1 - (x^2 - a^2 - b^2)z^2 + a^2b^2z^4]^{-1} = \sum_0^\infty P_n z^n,$$

En permutant a et b dans la fonction génératrice F, on obtient les fonctions Q (*Comptes rendus*, t. 155, p. 820).

On peut aussi lier les fonctions P et Q à une *opération géométrique*. En effet, deux sphères de centres A, B et de rayons a, b étant données, si l'on construit, à partir des origines A et B, les points alternativement conjugués par rapport aux deux sphères, à savoir,

$$(A),\quad A_1,\quad \ldots,\quad A_{2p},\quad A_{2p+1},\quad \ldots;\qquad (B),\quad B_1,\quad \ldots,\quad B_{2p},\quad B_{2p+1},\quad \ldots,$$

on a

$$AA_{2p+1} = P_{2p} : P_{2p-1},\qquad AA_{2p} = a^2 P_{2p-1} : P_{2p},$$
$$AB_{2p-1} = a^2 Q_{2p-2} : Q_{2p-1},\qquad AB_{2p} = Q_{2p+1} : Q_{2p},$$

et

$$BA_{2p-1} = b^2 P_{2p-2} : P_{2p-1},\qquad BA_{2p} = P_{2p+1} : P_{2p},$$
$$BB_{2p-1} = Q_{2p} : Q_{2p-1},\qquad BB_{2p} = b^2 Q_{2p-1} : Q_{2p}.$$

II. Il est facile de calculer P et Q par *voie récurrente*, avec ou sans l'intervention des fonctions U telles que

$$(1 - 2uz + z^2)^{-1} = \sum_0^\infty U_n z^n,$$

mais il peut être utile d'exprimer *directement* l'une quelconque des fonctions de la famille P ou de la famille Q.

La forme très symétrique suivante est révélée par l'observation attentive

des premières fonctions dans lesquelles on fait

$$u = a^2, \qquad v = b^2,$$

$$(1) \qquad P_{2p} = (-1)^p v^p + (-1)^{p-1} \frac{\partial}{\partial v} \frac{v^{p+1} - u^{p+1}}{v - u} x^2 + \sum_{r=1}^{r=p-1} (-1)^{r-1} \frac{1}{1^2 . 2^2 . 3^2 \ldots (p-r)^2 (p-r-1)} \times \frac{\partial^{p-r+1}}{\partial v^{p-r+1}} \frac{\partial^{p-r}}{\partial u^{p-r}} \frac{v^{2p-r} u - u^{2p-r} v}{v - u} x^{2p+2-2r}.$$

$$(2) \qquad P_{2p+1} = (-1)^p \frac{v^{p+1} - u^{p+1}}{v - u} x + \sum_{r=0}^{r=p} (-1)^{r-1} \frac{1}{1^2 . 2^2 . 3^2 \ldots (p-r+1)^2} \times \frac{\partial^{p-r+1}}{\partial u^{p-r+1}} \frac{\partial^{p-r+1}}{\partial v^{p-r+1}} \frac{v^{2p+1-r} u - u^{2p+1-r} v}{v - u} x^{2p+3-2r}.$$

Rappelons que Q_{2p+1} est identique à P_{2p+1} et que P_{2p} se change en Q_{2p} par la permutation des symboles u et v.

III. Il est facile de former une équation différentielle vérifiée par le polynome correspondant de la famille P_{2p+1}. En effet, à la condition de poser

$$u = (x^2 - a^2 - b^2)(2ab)^{-1},$$

on obtient la relation

$$P_{2p+1} = a^p b^p x U_p.$$

Or U_p vérifie l'équation (*Comptes rendus*, t. 155, p. 139)

$$(u^2 - 1) \frac{d^2 U_p}{du^2} + 3u \frac{dU_p}{du} - p(p+2) U_p = 0,$$

donc P_{2p+1} vérifie l'équation

$$(3) \qquad \varphi_6 \frac{d^2 P_{2p+1}}{dx^2} + \varphi_5 \frac{dP_{2p+1}}{dx} + \varphi_4 P_{2p+1} = 0,$$

dans laquelle

$$\varphi_6 = x^2[x^2 - (a-b)^2][x^2 - (a+b)^2], \qquad \varphi_5 = 3x[x^4 - (a^2 - b^2)^2],$$
$$\varphi_4 = -\left[4p(p+1)x^4 + 3\{x^4 - (a^2 - b^2)^2\}\right].$$

L'équation relative à la famille P_{2p} est moins simple et moins immédiate. Pourtant la condition

$$P_{2p+1} + a^2 P_{2p-1} = x P_{2p}$$

invite à combiner les équations de la forme (3) dont P_{2p+1} et $a^2 P_{2p-1}$ sont

respectivement solutions, de façon à faire apparaître P_{2p} et ses dérivées. Il vient ainsi :

$$(3)' \quad x^2[(x^2-a^2-b^2)^2-4a^2b^2]\left(x\frac{d^2P_{2p}}{dx^2}+2\frac{dP_{2p}}{dx}\right)$$
$$+3x[x^4-(a^2-b^2)^2]\left(x\frac{dP_{2p}}{dx}+P_{2p}\right)$$
$$-xP_{2p}[4(p^2-1)x^4+3\{x^4-(a^2-b^2)^2\}]-4x^4(2p+1)P_{2p+1}=0.$$

Utilisant (3) pour l'élimination de tout symbole portant sur P_{2p+1}, ce qui exige seulement quelques calculs, on obtient enfin

$$(4) \qquad \varphi_{11}\frac{d^4P_{2p}}{dx^4}+\varphi_{10}\frac{d^3P_{2p}}{dx^3}+\varphi_9\frac{d^2P_{2p}}{dx^2}+\varphi_8\frac{dP_{2p}}{dx}+\varphi_7P_{2p}=0,$$

où

$$\varphi_{11}=x^3[(x^2-a^2-b^2)^2-4a^2b^2]^2,$$
$$\varphi_{10}=[(x^2-a^2-b^2)^2-4a^2b^2][14x^6-8(a^2+b^2)x^4-6(a^2-b^2)^2x^2],$$
$$\varphi_9=x^9(51-8p^2-8p)-2x^7(a^2+b^2)(36-8p^2-8p)$$
$$+x^5(a^2-b^2)^2(6-8p^2-8p)+15(a^2-b^2)^4x,$$
$$\varphi_8=x^8(25-40p^2-20p)$$
$$+(8p^2+8p-6)[4x^6(a^2+b^2)+(a^2-b^2)^2x^4]-15(a^2-b^2)^4,$$
$$\varphi_7=16(p-1)p(p+1)(p+2)x^7.$$

Explicitons encore les coefficients des diverses puissances de x dans la solution P_{2p} de (4) et dans la solution P_{2p+1} (3). Avec quelque attention on obtient

$$P_{2p} = \sum_0^p(-1)^r(p-r)x^{2p-2r}\sum_0^r a^{2r-2s}b^{2s}\frac{1}{p(p-1)\ldots(p-s)}$$
$$\times\frac{1}{s!}\frac{\overbrace{p(p-1)\ldots(p+s+1-r)}^{(r-s)\text{ facteurs.}}\overbrace{(p-r-s)^2\ldots(p-r+1)^2}^{s\text{ facteurs carrés.}}}{(r-s)!};$$

$$P_{2p+1}=-\sum_0^q x^{2p-(4r+1)}\sum_0^r(a^{4r+2-2s}b^{2s}+b^{4r+2-2s}a^{2s})$$
$$\times\frac{1}{s!}\frac{\overbrace{(p-s)\ldots(p-2r+s)}^{2(r-s)+1}\overbrace{(p-2r+s-1)^2\ldots(p-2r)^2}^{s}}{(2r-s+1)!}$$
$$+\sum_0^q x^{2p-(4r-1)}\sum_0^r(a^{4r-2s}b^{2s}+a^{2s}b^{4r-2s}) \quad (\alpha)$$
$$\times\frac{1}{s!}\frac{\overbrace{(p-s)\ldots(p-2r+s+1)}^{2(r-s)}\overbrace{(p-2r+s)^2\ldots(p-2r+1)^2}^{s}}{(2r-s)!};$$

on fera $q = \frac{p-1}{2}$ pour p impair et $q = \frac{p}{2}$ pour p pair; de plus, pour $r = s$, ne conserver qu'un seul des deux termes (α).

IV. Des triangles formés à l'aide des coefficients des polynomes P conduisent à d'intéressantes propriétés arithmétiques dont quelques-unes sont liées au triangle de Pascal ou à ce triangle redoublé.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en télégraphie sans fil.* Note [1] de MM. **E. Rothé** et **M. Guéritot**, transmise par M. E. Bouty.

Si l'on veut établir un dispositif d'antennes de télégraphie sans fil en dimensions réduites, on est arrêté par la difficulté de réaliser l'analogue d'un sol indéfini. Nous avons cherché à nous en affranchir en substituant au sol un fil conducteur de très grande longueur.

Le système formé par un fil indéfini et un conducteur isolé voisin où l'étincelle oscillante éclate entre le fil et le conducteur constitue un oscillateur de médiocre qualité : par exemple, on obtient de mauvais résultats en plaçant un fil droit perpendiculairement au fil indéfini. Les résultats sont meilleurs quand on met autour du fil indéfini un cylindre métallique dont l'axe coïncide avec ce fil; l'énergie en jeu est plus grande, mais l'oscillation est complexe. Le fonctionnement est au contraire très satisfaisant, et l'on obtient des oscillations dont l'amortissement est du même ordre que celui des antennes filiformes, si l'on substitue au cylindre un disque perpendiculaire au fil, ayant son centre sur le fil. *Le système antenne rectiligne-sol est ainsi remplacé par le système antenne disque-fil indéfini*, par un artifice analogue à celui d'une transformation ponctuelle en géométrie, et l'on remarquera qu'il y a symétrie complète autour du fil et que, de plus, dans un plan contenant le fil et un diamètre, la répartition des lignes de force est analogue à celle qui existe dans un plan vertical contenant une antenne rectiligne verticale.

Pour réaliser ces conditions, nous avons placé les antennes-disque d'émission E et

---

[1] Transmise dans la séance du 4 août 1913.

de réception R, dont le diamètre a varié jusqu'à $1^{m},40$, dans deux salles suffisamment éloignées l'une de l'autre. Le fil a été maintenu rectiligne perpendiculairement aux disques sur une longueur de plusieurs mètres de part et d'autre des disques. Entre E et R le fil de propagation avait une longueur de plus de 200^{m}, il sortait par des fenêtres et était tendu au-dessus de la toiture; au delà des antennes, le fil, d'environ 60^{m}, aboutissait aux conducteurs de cuivre de deux paratonnerres différents à deux extrémités opposées du bâtiment. Pour étudier le fonctionnement, on plaçait dans l'antenne de réception, entre le fil et le disque, un thermique constitué par du fil de constantan de $0^{mm},02$ que le courant oscillant échauffe, une soudure thermo-électrique fer-constantan de $0^{mm},02$ de diamètre placée à 1^{mm} de distance étant en relation avec un galvanomètre sensible.

On retrouve ici toutes les particularités de fonctionnement des antennes de T. S. F. Il est possible de les accorder avec une self ou une capacité, selon que la longueur d'onde doit être augmentée ou diminuée. Pour deux disques égaux, on obtient un maximum net avec le même nombre de spires de self dans les deux disques. Pour deux disques inégaux, il est nécessaire d'ajouter une self au petit disque ou une capacité au grand; l'acuité de l'accord est la même qu'en T. S. F. ordinaire.

Nous avons fait varier systématiquement toutes les parties du dispositif expérimental.

A. *Source.* — 1° L'éclateur a été mis directement en relation avec les pôles du secondaire d'une bobine munie d'un interrupteur rapide.

2° On a ménagé une étincelle de coupure entre la bobine et l'éclateur.

3° On a intercalé une grande résistance liquide entre la bobine et l'éclateur.

4° On a substitué un Tesla à la bobine.

B. *Fil de propagation.* — On a opéré avec du fil de bronze de $2^{mm},5$ et du fil de cuivre de $0^{mm},2$.

On a raccourci la ligne de propagation en la réduisant à quelques mètres; on l'a aussi coupée par un condensateur de faible capacité.

Toutes ces modifications n'ont pas changé le mode général du fonctionnement du système.

C. *Transmission.* — Au montage direct nous avons aussi substitué : 1° le montage en Oudin; 2° le montage en induction. L'Oudin donne beaucoup d'énergie, des ondes moins amorties, et de bons accords. Avec un fort accouplement on constate l'existence de deux ondes : les courbes de réso-

nance présentent les deux bosses caractéristiques. L'induction fournit également des accords excellents et un amortissement faible.

D. *Réception.* — Les montages en dérivation et en induction donnent des résultats également bons.

Pour mesurer la longueur d'onde, on supprime l'antenne de réception et l'on étudie les ondes stationnaires en plaçant le thermique dans le fil de propagation et faisant varier, au delà du thermique, la longueur du fil, qui est alors limité de ce côté. La méthode est difficile à appliquer en montage direct, parce que les ondes sont très amorties; elle donne de bons résultats en montage Oudin ou induction à la transmission.

On peut aussi laisser l'antenne de réception et l'on trouve également des maxima et des minima, en faisant varier derrière elle la longueur d'un fil limité.

Contrairement à la précédente, cette méthode réussit en montage direct, bien que toutefois la première concamération des courbes obtenues soit déformée par suite du voisinage trop immédiat de l'antenne de réception. Dans les montages indirects il est nécessaire de réaliser un accord parfait, sinon le phénomène se complique par la superposition des résonances dues aux deux longueurs d'onde de transmission et de réception.

En résumé, ce dispositif conduit au même fonctionnement que les antennes ordinaires, l'amortissement est du même ordre de grandeur. Il présente l'avantage de mettre en jeu une énergie considérable, très peu affaiblie par la propagation, de permettre la mesure du courant dans le fil, ce qu'on ne peut faire dans le sol. *Il offre la possibilité de modifier les conditions du milieu ambiant* soit à l'émission, soit à la réception, soit sur la propagation d'une façon très commode, grâce à ses petites dimensions.

PHOTOCHIMIE. — *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par quelques acides de la série éthylénique.* Note de MM. **Jean Bielecki** et **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

On sait que la liaison éthylénique provoque une exaltation de l'absorption, du pouvoir réfringent et de la susceptibilité magnétique. Nous avons déterminé pour les acides suivants de la série éthylénique l'absorption des rayons

ultraviolets en valeur absolue et nous avons cherché quelle influence exerce la position de la liaison double par rapport au carboxyle.

$CH^2 = CH - CH^2 - CH^2 - COOH.$

Ac. allylacétique.

$CH^2 = C(COOH) - CH^2 - COOH.$

Ac. itaconique.

$CH^3 - CH = CH - COOH.$

Ac. α-crotonique.

$$\begin{array}{l} COOH - CH \\ \quad\quad\quad \Vert \\ \quad\quad\;\; HC - COOH. \end{array}$$

Ac. fumarique.

$$\begin{array}{l} COOH - CH \\ \quad\quad\quad\;\; \Vert \\ COOH - CH. \end{array}$$

Ac. maléique.

$$\begin{array}{l} COOH - C - CH^3 \\ \quad\quad\quad\;\; \Vert \\ \quad\quad\;\; HC - COOH. \end{array}$$

Ac. mésaconique.

$$\begin{array}{l} COOH - C - CH^3 \\ \quad\quad\quad\;\; \Vert \\ COOH - CH. \end{array}$$

Ac. citraconique.

$COOH - CH = C(COOH) - CH^2 - COOH.$

Ac. aconitique.

Le Tableau I contient les valeurs des constantes d'absorption moléculaires $\varepsilon(\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 10^{-\varepsilon c d})$ des solutions alcooliques. Nous donnons également dans ce Tableau les valeurs des constantes d'absorption pour les acides acétique, succinique et tricarballylique pour pouvoir comparer les acides saturés avec les non saturés.

λ..........	2144.	2195.	2265.	2307.	2348.	2405.	2446.	2510.	2555.	2652.	2703.	2749.	2813.	2858.	2970.	3105.
Acide acétique........	48,4	35	20	14	7,8	2,8	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»
allylacétique....	»	»	32	19,8	14,9	8,1	3,9	1,8	1,7	0,47	»	»	»	»	»	»
itaconique......	2700	1781	700	270	201	104	92	74	61,7	35	»	»	»	»	»	»
α-crotonique....	9700	7000	1940	700	468	188	166	127	96	45,3	20,2	12,8	8,2	4,8	0,37	»
Acide succinique......	81	59	32	19,4	11,7	4,54	1,6	0,48	»	»	»	»	»	»	»	»
fumarique......	»	»	»	4000	1940	1010	541	371	304	241	216	194	155	125	58	18,4
maléique.......	8100	7100	4400	2700	1795	1043	738	480	370	248	194	153	120	90	36	»
mésaconique....	»	»	»	»	7700	3646	2138	884	630	404	294	240	186	148	65,4	12,8
citraconique....	9700	7000	5027	3793	2584	1520	1021	545	372	175	101	67,5	39,4	26,1	5,8	»
Acide tricarballylique.	216	162	121	54	36,3	11,6	4,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»
aconitique......	27000	10800	9112	8100	5640	3558	2276	1036	750	431	350	246	200	170	79	»

Résultats. — 1° La liaison éthylénique produit dans les acides une exaltation de l'absorption des rayons ultraviolets; cette exaltation est d'autant plus intense que la liaison double se trouve plus rapprochée du groupe carboxyle.

Nous donnons dans le Tableau suivant, à titre d'exemples, les valeurs de ε pour $\lambda = 2307$; la dernière colonne indique la position de la liaison éthylénique par rapport au carboxyle et l'avant-dernière contient les rapports des valeurs de ε pour les acides saturés et non saturés correspondants (pour l'acide itaconique nous avons pris comme terme de comparaison l'acide succinique qui est le plus rapproché). Les nombres de cette colonne expriment le degré d'exaltation produit par la liaison éthylénique.

Acides saturés.	ε_s.	Acides non saturés.	ε_n.	Rapport $\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_s}$.	Position de la liaison éthylénique.
Acétique	14	allylacétique	19,8	**1,41**	$\gamma\delta$
Succinique	19,4	itaconique	270	**13,9**	$\beta\gamma$
Butyrique......	19,4	α-crotonique	700	**36**	$\alpha\beta$
Succinique	19,4	fumarique	4000	**206**	α, α
Succinique	19,4	maléique	2700	**140**	α, α
Tricarballylique.	54	aconitique	8100	**150**	α, α

2° Les stéréo-isomères géométriques, acides fumarique et maléique, mésaconique et citraconique, présentent des absorptions différentes. La forme *cis* absorbe moins que la forme *trans*, ce qui est d'accord avec les résultats qualitatifs obtenus précédemment par Magini et Stewart.

3° En vue de comparer l'influence de la liaison double nous avons également déterminé les constantes d'absorption des alcools allylique et propylique; les différences des valeurs de ε sont très faibles; par contre, si l'on calcule les rapports des valeurs correspondantes de ε, on trouve qu'ils sont compris entre 3 et 6. Ainsi, par exemple, pour $\lambda = 2144$:

$$\varepsilon(\text{alcool propylique}) = 0,20 \quad \text{et} \quad \varepsilon(\text{alcool allylique}) = 1,08;$$

pour $\lambda = 2307$:

$$\varepsilon(\text{alcool propylique}) = 0,083 \quad \text{et} \quad \varepsilon(\text{alcool allylique}) = 0,245.$$

4° Il résulte de l'ensemble de ces résultats que l'influence d'une liaison éthylénique ne peut pas être exprimée par un coefficient déterminé qui interviendrait comme un terme additif dans la valeur de la constante d'absorption ; l'exaltation produite par cette liaison doit être exprimée par un certain facteur qui fait varier la valeur de ε dans un *rapport* déterminé. A

ce point de vue l'absorption se comporte d'une façon très différente de celle de la réfraction et de la susceptibilité magnétique.

On peut énoncer la loi générale suivante : *lorsqu'on a un corps de formule* A B C ..., *la constante d'absorption moléculaire* ε *est égale à un produit* $\varepsilon = abc\ldots\alpha\beta\ldots$, *dans lequel* a, b, c, ... *sont des facteurs correspondants aux différents groupements moléculaires* A, B, C, ... *et* α, β, ... *sont des facteurs qui indiquent les influences des liaisons, configurations et positions réciproques de ces groupements.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le poids moléculaire de l'anhydride sulfurique.* Note de M. **H. Giran**, transmise par M. Paul Sabatier.

Je me suis proposé de déterminer le poids moléculaire de l'anhydride sulfurique gazeux en appliquant la formule de Trouton, modifiée par M. de Forcrand : $\frac{L+S}{T}$. Le calcul aurait pu être fait immédiatement en utilisant la chaleur de vaporisation de l'anhydride *solide* mesurée par Berthelot [1] en dissolvant séparément dans l'eau SO^3 gaz et SO^3 solide. J'ai préféré déterminer directement L et S.

Chaleur de vaporisation de SO^3 *liquide.*

Un poids déterminé de cet anhydride liquide, préalablement purifié par distillation, était placé dans un tube de verre fermé en pointe effilée. Ce tube plongeait presque entièrement dans un tube plus large, également en verre, contenant un poids connu d'eau et un thermomètre au $\frac{1}{10}$ de degré; le système de ces deux tubes était suspendu au moyen d'une rondelle de liège dans l'axe d'un tube de Dewar. Enfin, le tout était placé dans l'enceinte calorimétrique de Berthelot et recouvert d'un feutre épais percé d'un trou en son centre pour laisser passer la pointe du tube à SO^3 et la tige du thermomètre.

L'eau qui entourait le tube à SO^3, ainsi que celle qui était dans la double enveloppe de l'enceinte, était à une température supérieure d'une dizaine de degrés au point d'ébullition de l'anhydride; dans ces conditions, le refroidissement était lent et devenait bientôt régulier; on cassait alors la pointe du tube à anhydride liquide et l'on observait le thermomètre.

Je me suis d'abord assuré de la correction de la méthode en l'appliquant

---

(1) Berthelot, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1510.

à des liquides, tels que l'éther ordinaire, dont le point d'ébullition était voisin de celui de SO^3. Avec cet anhydride, j'ai obtenu, au voisinage de 53°, $l = 118^{cal},6$ (en petites calories et pour 1^g de liquide); cela donne, pour chaleur moléculaire de vaporisation, en admettant que la molécule soit $SO^3 = 80$, $L = 9^{Cal},49$ (en grandes calories).

Chaleur de solidification de SO^3. — Je l'ai évaluée en dissolvant successivement, dans le calorimètre, du SO^3 solide et du SO^3 liquide (ce qui est possible, grâce à sa facile surfusion, surtout en été). J'ai trouvé

Chaleur de dissolution de SO^3 liquide...........	$39^{Cal},4$
» » solide...........	$37^{Cal},5$

(Berthelot avait déjà donné $37^{Cal},3$ pour expression de ce dernier phénomène).

Il en résulte, pour la chaleur de solidification de

$$SO....... \quad S = 1^{Cal},9.$$

On déduit de ces déterminations $L + S = 11^{Cal},39$, valeur un peu inférieure au résultat de Berthelot ($11^{Cal},8$).

Le point d'ébullition de l'anhydride sulfurique est bien connu; Lichty[1], dans un travail récent, le fixe à 44°,88. Par conséquent, $T = 318°$ et la formule de M. de Forcrand nous donne

$$\frac{L+S}{T} = \frac{11390}{318} = 35,8.$$

Ce résultat confirme l'exactitude du poids moléculaire 80 que j'avais adopté, c'est-à-dire la formule simple SO^3 de l'anhydride gazeux, au moment de sa vaporisation.

La valeur un peu forte 35,8 qui a été obtenue ne doit pas nous surprendre; le nombre 30 donné par M. de Forcrand n'est qu'une moyenne et bien des corps donnent des résultats sensiblement plus élevés. Cette valeur un peu forte de $\frac{L+S}{T}$ indique, sans doute, un commencement de polymérisation pendant la liquéfaction.

---

(1) Lichty, *Am. Chem. Soc.*, t. XXXIV, 1912, p. 1440.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide phényl-γ-oxycrotonique.* Note de M. **J. Bougault**.

Comme je l'ai indiqué précédemment ([1]), l'acide phényl-α-oxycrotonique $C^6H^5.CH = CH.CHOH.CO^2H$ peut être transformé, par ébullition avec une solution aqueuse d'acide oxalique (ou phosphorique), en un nouvel isomère l'acide phényl-γ-oxycrotonique, auquel j'ai attribué tout d'abord la constitution (I), en me basant surtout sur sa facile transformation en acide benzoylpropionique $C^6H^5.CO.CH^2.CH^2.CO^2H$, soit par les acides forts, soit par les alcalis caustiques :

$$C^6H^5.COH = CH.CH^2.CO^2H \quad \text{(I).} \qquad C^6H^5.CHOH.CH = CH.CO^2H \quad \text{(II).}$$

I. Une étude plus complète montre que la formule (II) s'accorde aussi bien avec les principales réactions de ce corps; et même, à l'heure actuelle, j'inclinerais plus volontiers à choisir cette dernière formule, tout en avouant que je n'ai aucune raison décisive à présenter à l'appui de cette opinion.

Je résume brièvement les essais tentés pour décider entre les schémas (I) et (II) :

1° La transformation en acide benzoylpropionique, que j'avais interprétée d'abord en faveur de (I), peut aussi s'expliquer avec (II), conformément à des exemples connus : je citerai en particulier l'acide

$$CH^2 = CH.CHOH.CO^2H$$

qui, sous l'action des acides forts et des alcalis, donne

$$CH^3.CH^2.CO.CO^2H \text{ (}^2\text{)}.$$

2° Lorsqu'on réduit par l'amalgame de sodium l'acide phényl-γ-oxycrotonique on obtient l'acide phénylisocrotonique

$$C^6H^5.CH = CH.CH^2.CO^2H,$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1469.

([2]) Van der Sleen, *Rec. des travaux chimiques des Pays-Bas*, t. XXI, 1902, p. 209.

résultat favorable à (I). Mais il faut songer que l'acide

$$C^6H^5.CH^2.CH = CH.CO^2H,$$

qu'on obtiendrait théoriquement avec la formule (II), est fort instable et se transforme aisément en son isomère éthylénique en βγ.

3° L'acide phényl-γ-oxycrotonique, traité à froid par l'anhydride acétique additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique, donne la lactone phényl-Δ_1-crotonique,

$$C^6H^5.\underset{|________________|}{CH.CH = CH - CO}.\qquad C^6H^5 - \underset{|________________|}{C = CH - CH^2 - CO}.$$

O ——— (Lactone Δ_1.) O ——— (Lactone Δ_2.)

Ce qui parle en faveur de la formule (II). Mais on peut ajouter que l'acide phényl-α-oxycrotonique, dont la liaison éthylénique est en βγ, donne la même lactone dans les mêmes conditions, ce qui diminue la valeur de l'argument présenté.

4° Lorsqu'on cherche à faire l'éther benzoïque (par le chlorure de benzoyle en milieu pyridique) de l'acide phényl-γ-oxycrotonique, on obtient la lactone phényl-Δ_2-crotonique, ce qui, au contraire, parle en faveur de la formule (I). Mais cette lactone Δ_2 pourrait provenir de l'isomérisation de la lactone Δ_1 d'abord formée, car cette dernière, comme l'a montré Thiele, subit facilement une pareille isomérisation.

5° Lorsqu'on traite l'acide phényl-γ-oxycrotonique par l'iode et le carbonate de soude, on obtient l'acide benzoylacrylique

$$C^6H^5.CO.CH = CH.CO^2H.$$

Cette transformation semblerait plus compatible avec le schéma (I), par le processus ci-après :

$$C^6H^5.COH = CH.CH^2.CO^2H \xrightarrow{+\,IOH} C^6H^5.C(OH)^2.CHI.CH^2.CO^2H$$
$$\xrightarrow{-\,IH\,-\,H^2O} C^6H^5.CO.CH = CH.CO^2H.$$

Cependant la réaction suivante vient jeter le doute dans l'esprit : traite-t-on la lactone iodée obtenue avec l'acide phényl-α-oxycrotonique, ou l'acide correspondant $C^6H^5.CHOH.CHI.CHOH.CO^2H$, par l'iode et

le carbonate de soude (ce qui revient à traiter l'acide phényl-α-oxycrotonique lui-même sans isoler la lactone iodée), on arrive à l'acide benzalpyruvique $C^6H^5.CH = CH.CO.CO^2H$.

Si donc l'acide $C^6H^5.CH = CH.CHOH.CO^2H$ donne l'acide

$$C^6H^5.CH = CH.CO.CO^2H,$$

on peut penser que, par analogie (les conditions opératoires étant les mêmes), c'est l'acide représenté par le schéma (II),

$$C^6H^5.CHOH.CH = CH.CO^2H$$

qui a donné l'acide benzoylacrylique $C^6H^5.CO.CH = CH.CO^2H$.

6° Seule, la dégradation par oxydation permanganique plaiderait en faveur de la formule (II) sans qu'on puisse invoquer d'autre raison équivalente en faveur de (I). En effet, cette oxydation a fourni de l'acide oxalique et pas d'acide malonique.

Toutefois des réserves s'imposent étant donné que l'oxydation a pu ne pas être limitée à l'attaque de la liaison éthylénique.

II. En terminant, je désire appeler l'attention sur un caractère intéressant de cette transformation de l'acide phényl-α-oxycrotonique en acide phényl-γ-oxycrotonique : la réaction est limitée par la réaction inverse, elle est réversible.

L'isomérisation étudiée dans cette Note rappelle celle qui a été découverte par Fittig et qui consiste dans la transformation réversible [1] des acides éthyléniques βγ en acides éthyléniques αβ, sous l'action des alcalis. Dans le cas actuel, il y a passage d'un oxhydrile de la position α à la position γ, avec déplacement ou non de la double liaison suivant que c'est le schéma (II) ou le schéma (I) qui doit être choisi pour représenter le nouvel acide.

Il est vraisemblable que d'autres acides-alcools éthyléniques doivent donner lieu à la même isomérisation; c'est ce que je me propose de rechercher.

---

[1] J'ai déjà fait remarquer (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 196) que dans la plupart des traités classiques on ne donne pas cette réaction comme une réaction réversible; c'est à tort, les expériences de Fittig ne laissent aucun doute à cet égard.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Examen microscopique des houilles.*
Note (1) de MM. A. Wahl et P. Bagard, présentée par M. A. Haller.

L'étude de la constitution de la houille est une question qui semble attirer, actuellement, l'attention générale, et l'épuisement du combustible par les dissolvants organiques est la méthode qui paraît avoir rencontré le plus de faveur. C'est ainsi qu'on a utilisé les solvants les plus divers : alcool, acétone, sulfure de carbone, chloroforme, naphtaline, et plus particulièrement la pyridine (2) et le phénol (3). Mais, étant donnée la complexité des matières ainsi extraites, on ne saurait être surpris du peu de résultats obtenus jusqu'ici dans cette voie.

Nous avons été amenés à nous demander si l'examen microscopique de la surface polie d'une houille ne permettrait pas de déceler la présence et la répartition de certains constituants de la houille, d'une manière analogue à celle qui a permis de fixer les constituants des alliages par l'examen métallographique.

Ce principe a d'ailleurs déjà été appliqué par A. Roush (4) à l'étude de la composition des charbons pour électrodes, ce qui a permis de distinguer diverses qualités de graphite.

Nous allons décrire les premiers résultats auxquels nous sommes arrivés.

Le simple polissage ou le polissage en bas-relief n'a pas donné d'indication précise, il était nécessaire de trouver un réactif permettant d'attaquer la surface afin de faire apparaître des différences de structure. Dans le cas du graphite, Roush se contentait de chauffer au rouge la surface polie, ce qui provoquait l'oxydation des parties les moins résistantes, mais ce procédé serait inapplicable à la houille, en général.

Nous avons utilisé comme réactif d'attaque la pyridine, et nous avons examiné un certain nombre de houilles dont la composition et la teneur en substances solubles dans la pyridine avaient été déterminées précédemment par l'un de nous (5).

---

(1) Présentée dans la séance du 21 juillet 1913.

(2) Bedson, *Journ. Soc. chem. Industry*, 1908, p. 147; Burgess et Wheeler, *Chem. Soc.*, t. XCIX, p. 649.

(3) Frazer et Hoffmann, *Department of the Interior. Bureau of Mines*, n° 5, Washington, 1912.

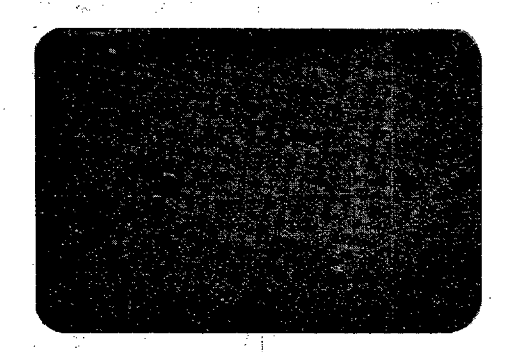
(4) Roush, *Journ. Soc. chem. Industry*, 1911, p. 811.

(5) A. Wahl, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1094.

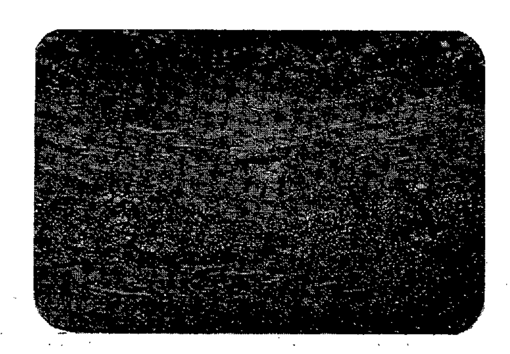
L'échantillon de houille présentant une surface soigneusement polie est examiné au microscope Le Chatelier, puis immergé dans de la pyridine, chauffée au bain-marie pendant un temps variable avec la nature de la houille.

Dans ces conditions, une houille de Lens, fosse nº 8 (cendres, 2,20; matières volatiles, 21,27), ne fournissant que 0,44 pour 100 d'extrait pyridique, ne présente aucune différence de structure avant et après attaque.

Un échantillon de Lens, fosse nº 3 (cendres, 4,17; matières volatiles, 34,47), donnant 24,9 pour 100 d'extrait pyridique, laisse voir sur la surface polie des zones sombres, qui après attaque deviennent plus granuleuses et plus apparentes. Mais le cas le plus intéressant est celui d'une houille de Frankenholtz, couche X (cendres, 2,40; matières volatiles, 39,85), donnant 19,3 pour 100 d'extrait pyridique. Avant l'action de la pyridine, la surface polie ne présente rien de particulier, mais après attaque, on constate l'apparition de bandes granuleuses d'une très grande netteté.



Surface polie.



Surface polie et attaquée.

L'attaque à la pyridine permet donc dans certains cas de constater le degré d'homogénéité de la substance constituant la houille.

L'examen d'un boghead et d'un lignite a montré des différences, mais dont la netteté est moins frappante.

Ces recherches seront poursuivies sur des houilles de provenances et de propriétés différentes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du chlorure de calcium sur le caillage du lait.* Note [1] de M. L. **Lindet**, présentée par M. Th. Schlœsing fils.

Le lait cuit ne caille pas par la présure ; il caille si l'on ajoute une petite quantité de chlorure de calcium, parce que, dit-on, on remplace de cette

---

(1) Présentée dans la séance du 4 août 1913.

façon les sels de calcium qui ont été coagulés par la chaleur; cette explication ne m'a jamais paru suffisante. J'ai constaté que l'addition du chlorure de calcium, même à du lait frais, augmente la quantité de matières azotées recueillies dans le caillé, au détriment de celles qui étaient dissoutes dans le sérum, c'est-à-dire des deux caséines, dont j'ai parlé dans ma Note précédente. Cet excédent peut être évalué, suivant les conditions de l'expérience, de 4,2 à 15,1 pour 100 des albuminoïdes du sérum. En outre, une réaction, dont j'expliquerai plus loin le mécanisme, dépose sur le caillé une quantité d'acide phosphorique supérieure à celle que contiendrait l'excès de caséine caillée (de 26,0 à 40,9 pour 100 de l'acide phosphorique contenu dans le sérum).

J'ai montré précédemment que les deux caséines sont dissoutes dans les éléments du sérum, et spécialement dans les phosphates et les citrates alcalins. D'autre part, j'ai reconnu que ces caséines solubilisées solubilisent elles-mêmes, par leur fonction acide, de la chaux et du phosphate de calcium, de magnésium, etc. C'est donc dans ce milieu complexe qu'on va introduire le chlorure de calcium.

Les phosphates et les citrates alcalins, en présence du chlorure de calcium, vont donner du phosphate de calcium et du citrate de calcium; le phosphate de calcium, se substituant au phosphate de sodium ou de potassium, les caséines solubilisées perdent l'un de leurs dissolvants. De même, les caséines qui étaient dissoutes dans le citrate de sodium ou de potassium, se trouvent dorénavant en présence du citrate de calcium, dans lequel elles sont insolubles. Il n'est donc pas étonnant qu'une partie des caséines solubles rétrograde, puisque leurs dissolvants disparaissent. Ces expériences peuvent être réalisées synthétiquement; mais j'ai constaté que la précipitation, par le chlorure de calcium, des caséines dissoutes dans les phosphates et les citrates alcalins, est plus nette quand les liquides sont un peu plus concentrés que le sérum lui-même; or j'ai montré que les micelles de caséine en suspension renferment une solution de caséines solubles plus concentrée que le sérum; les réactions semblent avoir lieu à l'intérieur des micelles où les liquides pénètrent par osmose.

Mais il est une autre réaction qui vient s'ajouter aux précédentes pour insolubiliser partiellement les caséines : on sait que le phosphate bicalcique n'est pas stable, qu'il se dissocie au sein de l'eau, pour former du phosphate tricalcique et du phosphate monocalcique acide; quand en effet on mélange en quantités équivalentes du phosphate bisodique et du chlorure de calcium, on obtient un liquide acide, et l'acidité est d'autant plus grande que la tem-

pérature est plus élevée; dès lors, il va se produire une réaction, sans cesse renouvelée : le phosphate acide, comme le ferait un acide quelconque, va attaquer la chaux des caséines solubles, refaire du phosphate bicalcique qui se décomposera à son tour, et ainsi de suite jusqu'à ce que les caséines soient privées de la chaux qui facilitait leur dissolution. J'ai vérifié le fait, en traitant à 35° une caséine commerciale par une solution au $\frac{1}{1000}$ de phosphate monocalcique; en 24 heures, le liquide a perdu le quart de son poids d'acide phosphorique, tandis que le phosphate bicalcique formé s'est retrouvé sur la caséine résiduaire, qui renfermait 4,68 pour 100 d'acide phosphorique au lieu de 3,38 pour 100; c'est là l'origine de l'acide phosphorique qu'on rencontre en excès dans les caillés faits en présence de chlorure de calcium.

Les expériences suivantes confirment cette interprétation. Du lait cuit, additionné de présure et d'acide phosphorique en quantité égale à celle qu'aurait donnée, par dissociation, le phosphate de calcium formé par une dose déterminée de chlorure de calcium, caille presque aussi rapidement qu'un échantillon additionné de cette même dose de chlorure de calcium. Du lait cuit, emprésuré, mélangé de phosphate de calcium gélatineux, caille d'autant plus vite qu'il renferme plus de ce phosphate; la réaction est presque instantanée, quand on opère à 75°, même en l'absence de présure. Du lait cru, additionné soit de phosphate gélatineux, soit de phosphate bisodique et de chlorure de calcium en quantités équivalentes, donne, après emprésurage, un excès de caséines caillées qui représentent, comme dans le cas de l'addition directe de chlorure de calcium, 9,4 à 15 pour 100 des caséines solubles. Du sérum filtré, tenant en suspension du phosphate de calcium gélatineux, puis emprésuré, laisse déposer sur celui-ci la même quantité de caséines solubles (11,2 pour 100 des caséines solubles). Du sérum, traité par la chaux, puis saturé presque aussitôt après par l'acide phosphorique, de façon que la chaux n'ait pas le temps de dégrader les caséines, rétrograde de la même manière, et même dans des proportions encore plus grandes qui ont atteint jusqu'à 40 pour 100 des caséines du sérum. Ces résultats ne sont pas dus à l'adhérence des caséines solubles vis-à-vis de la caséine en suspension; car j'ai eu soin de laver complètement les précipités.

Dans toutes les expériences que je viens de citer, j'ai pris les rotations polarimétriques des sérums avant et après emprésurage, et j'ai constaté que les deux caséines étaient insolubilisées dans les mêmes proportions.

En résumé, je dirai que l'addition du chlorure de calcium au lait cru ou cuit, en produisant du phosphate et du citrate de calcium, a pour effet de modifier la nature et la quantité des dissolvants des caséines solubilisées; que le phosphate bicalcique, en donnant naissance à du phosphate acide par dissociation, prive les caséines de la chaux qui les aidait à se dissoudre,

et que les deux caséines solubles rétrogradent de la même façon, nous indiquant une fois de plus qu'elles présentent des propriétés analogues.

J'ajouterai que le contenu de cette Note et de celle que j'ai présentée dans la précédente séance permet de préciser l'état des matières albuminoïdes du lait; le lait renferme deux caséines : l'une (β) est en quantité assez faible pour pouvoir se dissoudre entièrement dans ses solvants naturels; l'autre (α) ne se dissout qu'en partie, les $\frac{9}{10}$ restant à l'état de suspension colloïdale.

La séance est levée à 4 heures.

Ph. v. T.

ERRATA.

—

(Séance du 28 juillet 1913.)

Note de M. *R. Soreau*, Formule approchée de l'arc d'ellipse :

Page 272, lignes 2 et 3 en remontant, *au lieu de* l'arc de cercle de rayon $2k$ intercepté par l'angle au centre BOM′, *lire* l'arc de cercle de rayon OA intercepté par l'angle au centre $2k\theta \leqq$ BOM′.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOUT 1913.

PRÉSIDENCE DE M. A. CHAUVEAU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. LAVERAN fait hommage à l'Académie du Rapport sur le *Kala-azar méditerranéen ou infantile*, qu'il a rédigé en collaboration avec M. le Dr C. NICOLLE, de Tunis, pour le XVIIe Congrès international de Médecine de Londres (août 1913).

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

VILLE DE PARIS. *Annales de l'Observatoire municipal* (*Observatoire de Montsouris*). Tome XI.

MM. **PIERRE GÉRARD** et **A. FROUIN**, M. **TAUTON** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE. — *Note sur la nebuleuse de Hind.* Note de M. **BORRELLY**.

La nébuleuse découverte par Hind, le 30 mars 1845, n° 6760 du N. G. C. de Dreyer, soupçonnée de variabilité d'éclat par d'Arrest en mai 1852, paraît être cette année dans une période de maximum. Elle est belle et vue avec une facilité extrême dans le chercheur de comètes, depuis le 5 juin dernier, ce qui n'était pas arrivé depuis 1867.

Ouverture du chercheur de comètes : $0^m,165$.

PHYSIQUE. — *Sur la formule de la vitesse du son. Réponse à M. Duhem.* Note de M. **Ariès**, transmise par M. Vieille.

M. Duhem (séance du 28 juillet, p. 269) estime que la formule (4) donnée dans la séance du 15 juillet, page 112, *n'est pas tout à fait exacte;* mais il ne montre pas par où pécherait la démonstration, d'ailleurs très simple, que nous en avons donnée.

Le savant professeur de l'Université de Bordeaux se borne à nous opposer une formule de J. Moutier, qui, pour lui, serait *la formule exacte*. Si celle-ci diffère de la première, il y a pour cela deux raisons : 1° α_p et α_v n'ont pas la même signification dans les deux formules; 2° la seconde a été établie à l'aide d'hypothèses restrictives que nous n'avons pas faites, et qu'indique M. Duhem lui-même.

La formule de J. Moutier ne peut donc prétendre à toute l'exactitude que lui attribue M. Duhem. Par contre, nous maintenons que la formule (4), mise en cause, est exacte, générale et applicable à tout fluide homogène et isotrope, liquide, vapeur ou gaz.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la présence de bandes d'absorption dans le spectre ultraviolet de quelques alcools anormaux de la série grasse.* Note de MM. **Massol** et **Faucon**, transmise par M. J. Violle.

L'absorption des radiations ultraviolettes par les composés organiques a été étudiée par de nombreux auteurs et, plus spécialement, par Miller, Soret, Hartley, Baly, etc.

D'après leurs travaux, on a admis que les composés de la série grasse absorbent progressivement les radiations à courtes longueurs d'onde, sans présenter des bandes d'absorption analogues à celles qui caractérisent les dérivés benzéniques. Cependant, on avait signalé quelques exceptions : les cétones et le tétrachlorure de carbone.

Nous avons effectué des recherches systématiques sur les alcools de la série grasse et reconnu la présence de bandes pour quelques-uns de ces alcools ([1]). Nous avons étudié :

([1]) *Bulletin de la Soc. chim. de France*, 4e série, t. XI, 28 juin 1912, p. 794.

1° *Alcools primaires normaux :* méthylique, éthylique, propylique, butylique, amylique, hexylique, heptylique, octylique, éthalique, mélissique;

2° *Alcools secondaires normaux :* butanol-2 et le pentanol-2;

3° *Alcools tertiaires :* butylique (méthyl-2-propanol-2) et amylique (méthyl-2-butanol-2);

4° *Alcools primaires anormaux :* méthyl-2-propanol-3-méthyl-2-butanol-1 et le méthyl-2-butanol-4.

Tous ces alcools présentent une absorption progressive des radiations à courtes longueurs d'onde; cette absorption croît très rapidement pour les épaisseurs de 1^{mm} à 10^{mm}, puis beaucoup plus lentement pour les épaisseurs plus grandes. Dans la série *normale*, les alcools méthylique et éthylique sont très transparents, même sous 100^{mm} d'épaisseur; à partir de l'alcool propylique, le pouvoir absorbant augmente à mesure que le nombre d'atomes de carbone croît dans la molécule (fait signalé antérieurement par Hartley et Horntington). Les *alcools secondaires normaux* ont une transparence analogue à celle des alcools primaires normaux de même teneur en carbone; cependant, dans l'ensemble et sous de faibles épaisseurs, l'alcool secondaire est un peu plus transparent que l'alcool primaire correspondant. Les *alcools tertiaires* sont remarquables par leur transparence, qui est nettement plus grande que celles des alcools primaires normaux correspondants.

Les *alcools primaires anormaux* ont donné, comme les précédents, une plage d'absorption du côté des faibles longueurs d'onde; mais ils ont présenté en outre deux bandes, situées l'une de $\lambda = 2500$ à $\lambda = 2700$ U.A., l'autre plus étroite, de $\lambda = 3060$ à 3150. Ce fait, que nous avons contrôlé sur plusieurs échantillons de chacun des trois alcools étudiés, était-il dû à la structure du noyau (méthylpropane et méthylbutane)? C'est le problème que nous avons cherché à élucider en étudiant un certain nombre de leurs dérivés.

Hydrocarbures = isopentane (méthyl-2-butane) et pentane normal. Ces deux composés sont très transparents et ne présentent aucune bande d'absorption sous des épaisseurs variant de 1^{mm} à 100^{mm}, soit purs, soit en dissolution dans l'alcool éthylique à 10 pour 100.

Aldéhydes = isobutyrique (méthyl-2-propanal) et isovalérique (méthyl-2-butanal-4). Ces deux aldéhydes présentent chacun une large bande. Aldéhyde isobutyrique : $\lambda = 2600$ à 2900, aldéhyde isovalérique correspondant à l'alcool isoamylique inactif $\lambda = 2620$ à 3140. V. Henri et Bielecki (¹) ont signalé une bande pour les aldéhydes formique, acétique, propionique et butyrique normal.

(¹) *Comptes rendus*, t. **155**, p. 456.

Acides = isobutyrique et isovalérique, présentent une bande étroite et peu intense vers $\lambda = 2650$ différant comme aspect de la large bande des alcools et des aldéhydes, mais indiquant une absorption élective pour ces radiations. Elle n'apparaît que dans des limites peu étendues de concentration et d'épaisseur.

Chlorures, bromures et *iodures* d'isobutyle et d'isoamyle. Ces six composés ne nous ont donné aucune bande, soit à l'état de pureté, soit en dilution au $\frac{1}{10}$, au $\frac{1}{100}$, au $\frac{1}{1000}$ dans l'alcool éthylique. Sous une même épaisseur, les dérivés de l'isobutyle ne sont pas sensiblement plus transparents que ceux de l'isoamyle. Dans chaque série le dérivé chloré est le plus transparent, le dérivé bromé l'est un peu moins, le dérivé iodé est nettement moins transparent, de même les dérivés chlorés et bromés sont dans les mêmes conditions plus transparents que l'alcool correspondant, tandis que le dérivé iodé est moins transparent.

Éther : Enfin, l'isobutyrate d'isobutyle, formé par la combinaison d'un alcool et d'un acide possédant une bande plus ou moins large vers 2650, présente lui-même cette bande, mais très peu marquée et nettement moins caractéristique que la large bande correspondante de l'alcool.

En résumé, l'étude du pentane et de quelques dérivés du méthylpropane et du méthylbutane, nous permet de conclure : 1° que les deux bandes d'absorption que nous avons signalées pour les trois alcools primaires anormaux leur sont spéciales et ne se retrouvent ni dans l'hydrocarbure fondamental, ni dans les autres alcools, ni dans les dérivés halogénés correspondants (chlorures, bromures, iodures).

2° Que les aldéhydes donnent une seule bande large correspondant, à peu près, aux radiations intermédiaires aux deux bandes de l'alcool.

Nota. — Les produits purs étant généralement trop absorbants, nous avons opéré sur des dilutions $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ et quelquefois $\frac{1}{1000}$ dans l'alcool éthylique absolu.

PHYSIOLOGIE. — *Respiration thoracique et respiration abdominale volontaires au cours de la croissance.* Note de M. **Paul Godin**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'inspiration volontaire est exclusivement thoracique chez l'enfant avant la puberté. Après la puberté, elle devient en partie abdominale.

Aussitôt exécutés par l'enfant prépubère et libre de toute constriction vestimentaire, un exercice, une marche, une série de mouvements, la dilatation respiratoire du thorax est à la dilatation respiratoire de l'abdomen

dans le rapport de 10 à 1. Les deux dilatations sont évaluées par le même procédé, mesure des circonférences relevée au repos et en inspiration.

R représente l'ampliation du thorax, R' l'ampliation de l'abdomen, c'est-à-dire, pour les deux, la différence entre l'état de repos et l'état d'inspiration. Par conséquent, R est à R' comme 10 est à 1.

Peut-on conclure de la respiration volontaire à la respiration involontaire, au type respiratoire chez l'enfant? Je réserve provisoirement cette question.

Toujours est-il que la donnée qui précède ressort de l'observation de mes 230 sujets [1] suivis dans les écoles d'enfants de troupe de 13 à 18 ans. Un contrôle m'est fourni en ce moment par les pupilles du Stade raphaëlois, enfants au nombre de 120 que j'observe avec les ressources dont je dispose, ressources que je compte enrichir peu à peu de tous les instruments qu'exige l'expérimentation physiologique.

Or il est incontestable que, lorsque approche l'éclosion pubertaire, la valeur de R diminue peu à peu et synchroniquement la valeur de R' augmente. Si bien qu'une fois franchie la période d'installation de la puberté chez le jeune homme, R est à R' non plus comme 10 est à 1, mais comme 6 est à 4.

En remplaçant R et R' par ampliation horizontale et ampliation verticale du poumon, on dira que : avant la puberté l'ampliation pulmonaire provoquée est horizontale et qu'après la puberté elle est à la fois horizontale et verticale (l'ampliation pulmonaire s'opérant *surtout* dans le plan horizontal quand le thorax fait tous les frais de l'inspiration, et *surtout* dans le plan vertical quand le diaphragme est le principal agent de l'inspiration).

SISMOLOGIE. — *Tremblement de terre supposé de chevauchement.* Note de M. DE **MONTESSUS DE BALLORE**, présentée par M. Ch. Barrois.

Il serait tout à fait surprenant que les chevauchements et les charriages ne se manifestent pas à la surface terrestre par des mouvements sismiques. Mais comme ce sont phénomènes de profondeur, il n'y a pas d'espoir que des séismes de ce genre puissent être reconnus comme tels au moment de

(1) PAUL GODIN, *Comptes rendus* des 19 février 1900, 3 octobre 1910, 19 juin 1911, 13 novembre 1911, 1er juillet 1912 et *Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps*, 228 pages, Paris, Maloine, éditeur, 1902-1903.

leur production, contrairement à ce qui se passe pour les tremblements de terre de fracture, car ces déplacements tectoniques ne parviennent à notre connaissance que longtemps après, lorsque les efforts de surrection d'une part et les effets de la dégradation d'autre part ont ramené au jour les couches qui en ont été affectées. De cela découle que, si de tels séismes existent, ce sera seulement beaucoup plus tard, géologiquement parlant, qu'ils se décèleront. De cela résulte aussi que les circonstances les plus favorables correspondront au cas où une ligne de chevauchement jalonnera l'axe de l'aire épicentrale d'un tremblement de terre et alors on sera jusqu'à un certain point autorisé à penser que le mouvement sismique est dû à la survivance posthume des efforts tectoniques antérieurement causes du chevauchement observé.

Ces conditions paraissent se rencontrer au tremblement de terre de Gallipoli du 9 août 1912. M. Macovei l'a étudié sur place et, en esquissant la géologie de la région épicentrale, allongée parallèlement au rivage de la mer de Marmara entre Rodosto et Gallipoli, il a trouvé que sur 20^{km} de longueur de cet axe existe un chevauchement du Sarmatien sur le Miocène. On peut donc supposer qu'une ligne tectonique de cette importance doit être en relation de cause à effet avec le tremblement de terre.

Cette suggestion provisoire doit être considérée seulement comme l'indication d'une voie à suivre dans la recherche des causes géologiques des tremblements de terre et, sans doute, elle pourra être féconde. Dans le même ordre d'idées, il n'est pas interdit de penser que des chevauchements et des charriages pourraient être la cause de certains téléséismes instrumentaux, de grande importance quand ils s'enregistrent dans les observatoires de tout un continent par exemple, mais ne correspondent à aucun macroséisme senti à la surface. Ne serait-ce pas aussi le cas de tremblements de terre dont l'extension à la surface est, comme au Chili, hors de proportion avec leur intensité, sans qu'on puisse les mettre en relation avec des accidents tectoniques reconnus ?

La séance est levée à 3 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 28 juillet 1913.

Paul Tannery. *Mémoires scientifiques*, publiés par J. Heiberg et H.-G. Zeuthen; II : *Sciences exactes dans l'antiquité;* 1883-1898. Paris, Gauthier-Villars; Toulouse, Édouard Privat, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. B. Baillaud.)

Observations sur les cours d'eau et la pluie, centralisées pendant l'année 1911-1912, sous la direction de M. Salles, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par MM. Nouailhac-Pioch et E. Maillet, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées. — *Résumé des observations centralisées par le Service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année* 1911-1912, par M. Edmond Maillet, sous la direction de M. Salles et de M. Nouailhac-Pioch. Paris, Service hydrométrique du bassin de la Seine, s. d.; 1 fasc. in-f° et 1 fasc. in-4°.

Die europäischen Schlangen, Kupferdrucktafeln nach Photographien der lebenden Tiere, von Fritz Steinheil; erstes und zweites Heft. Iena, Gustav Fischer, 1913; 2 fasc. in-4°. (Présenté par M. Henneguy.)

Administration des Domaines de l'État égyptien. *Rapport présenté à la Commission des Domaines*, par M. Audebeau-Bey, ingénieur en chef, sur les observations faites en 1912 dans le centre du Delta. Le Caire, 1913; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts de la Sarthe; 2e série, t. XXXVI, années 1913 et 1914, fasc. I. Le Mans, imp. Monnoyer, 1913; 1 fasc. in-8°.

Los fermentos oxidantes y la bioquimica del sistema nervioso oxidasas en la substancia gris, por Horacio Damianovich. Buenos-Ayres, 1913; 1 fasc. in-8°.

Studies of tropical american Ferns; n° 4, by William-R. Maxon. (*Contributions from the United States National Herbarium;* t. XVII, part 2.) Washington, 1913; 1 fasc. in-8°.

Beitrag zur Kenntnis und zur Therapie des Asthma, von Carl Stäubli. (Extr. de *Munchener medizinischen Wochenschrift;* n° 3, 1913.) Munich; 1 fasc. in-8°.

A study of the bacteria wich survive pasteurization, by S.-Henry Ayers and William-T. Johnson. (*U. S. Department of Agriculture. Bureau of animal Industry;* Bul. 161.) Washington, 1913; 1 fasc. in-8°.

Report on the progress of Agriculture in India for 1911-1912. Calcutta, 1913; 1 fasc. in-8°.

Transactions of the Royal Society of Edinburg; t. XLVIII, parts III and IV; t. XLIX, part I, session 1912-1913. Edimbourg, 1912-1913; 3 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 11 août 1913.)

Note de M. *A. Romieux*, Essai d'exploration géhypsographique :

Page 364, ligne 11, *au lieu de* par, *lire* pour.

Même page (Tableau) : 1[re] colonne, intervertir $+\alpha_m$ et $+\alpha_M$; 2[e] col., ligne 8, *au lieu de* $-\frac{1}{2}(p_m - p_v)$, *lire* $-\frac{1}{2}(p_m + p_v)$; 3[e] col., ligne 1, *au lieu de* $-\frac{1}{2}P_v + p_v)$, *lire* $-\frac{1}{2}(P_v + p_v)$; *au lieu de* $+\frac{1}{2}s_e$, *lire* $+\frac{1}{2}\sigma_e$.

Page 365, dernière ligne avant la note, *au lieu de* 234,4, *lire* 234,5.

Page 366, ligne 11, *au lieu de* b_m, *lire* b.

Même page (Tableau) : 1[re] colonne, ligne 9, *au lieu de* B_e^r, *lire* B_e' ; 4[e] col., ligne 3, *au lieu de* b_e^d, *lire* b_e' ; 5[e] col., ligne 6, *au lieu de* β_m, *lire* β_m'.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AOUT 1913.

PRÉSIDENCE DE M. A. CHAUVEAU.

PLIS CACHETÉS.

M. **Georges Claude** demande l'ouverture d'un pli cacheté, reçu dans la séance du 15 juillet 1913 et inscrit sous le n° 8060.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes à néon.*

CORRESPONDANCE.

MM. **Paul Becquerel**, **G. de Gironcourt**, **C. Schlegel** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte* en 1913.

M. **L. Gain** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

La Carte spéciale n°s 67-69, formant la suite des *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur les essais faits par Hale pour déterminer le magnétisme général du Soleil.* Note de M. **Kr. Birkeland.**

Dans un Mémoire qui vient de paraître (¹), Hale publie les résultats préliminaires sur le magnétisme solaire, auxquels il est arrivé à l'aide d'instruments et de méthodes expérimentales tout à fait admirables. Il trouve que le Soleil tout entier doit être magnétique, avec une polarité analogue à celle de la Terre, et avec une intensité verticale aux pôles atteignant environ 50 gauss.

Ces résultats semblent de prime abord parfaitement inconciliables avec ceux d'autres recherches (²), si nous concevons ce magnétisme général du Soleil d'une façon conforme à celui de la Terre. Or il est possible, dans certains cas, de déterminer avec une précision relative la déviabilité magnétique des rayons hélio-cathodiques, qui provoquent des perturbations magnétiques et des aurores sur la Terre, en observant la situation géographique de leurs précipitations vers la surface terrestre. Les rayons qui descendent dans la ceinture d'aurores auront $H.\rho$ égal à 3 millions environ. Si le Soleil était aimanté sensiblement de la même façon que la Terre, mais avec une intensité 70 fois plus grande, il est parfaitement sûr qu'aucun rayon hélio-cathodique de l'espèce en question ne pourrait jamais arriver à la Terre (³).

Hale est cependant de l'avis que le magnétisme du Soleil diffère radicalement de celui de la Terre. Il dit dans son Mémoire, page 69 : « Il est alors probable que l'intensité du champ général décroît très rapidement en traversant la couche renversante. Elle présente une intéressante ressemblance avec le champ des taches du Soleil, bien que le peu de renseignements que nous possédions actuellement indiquent que la diminution est beaucoup plus rapide dans le cas du champ général. »

(¹) Hale, *Astrophys. Journ.*, vol. 38, 1913.

(²) Birkeland, *The Norwegian Aurora Polaris Expedition* 1902-1903. Vol. 1 : *On the cause of magnetic Storms and the origin of terrestrial Magnetism.* 2ᵉ section, $25^{cm} \times 33^{cm}$, 475 pages, 136 figures et 17 planches. (Va paraître dans quelques semaines.) Précédemment paru du même Ouvrage : Vol. 1, 1ʳᵉ section, 315 pages, 138 figures et 21 planches.

(³) Voir ma Note : *Sur le magnétisme général du Soleil* (*Comptes rendus*, 15 juillet 1913).

Il me semble que les phénomènes observés peuvent s'expliquer comme des effets produits par des taches invisibles, ou par les *pores* considérés comme tourbillons électriques, malgré toutes les raisons fournies par Hale à l'encontre d'une telle supposition.

Si les choses se passent à peu près comme je l'ai indiqué dans ma Note précitée, les objections faites par Hale à l'hypothèse des taches invisibles trouvent alors une réponse toute naturelle.

J'ai démontré en effet que l'émission d'ions et d'électrons des régions équatoriales du Soleil produit une *augmentation* du magnétisme général solaire, une grande partie de ces rayons allant circuler autour du Soleil, près de l'équateur, dans un sens convenable et à une distance relativement petite.

Quant aux rayons qui ne circulent pas autour du Soleil, près de l'équateur, et à ceux qui sortent de régions à des latitudes considérables, ils vont créer près de leur point de départ, et au-dessus de celui-ci, des forces magnétiques locales en sens *inverse* de l'intensité verticale primitive au point considéré.

Il est facile de se convaincre que des rayons électriques, partant normalement d'un point situé à une latitude assez élevée sur un globe magnétique, donneront naissance à des tourbillons exerçant une action magnétique *contre* l'intensité verticale magnétique primitive.

Mais ceci s'applique également à des tourbillons électriques de cette espèce, à de basses latitudes, qui se forment autour du centre d'éruption de décharges disruptives provenant d'un globe-cathode magnétique, telles qu'on les a vues représentées dans un récent Mémoire ([1]).

Même si les taches éruptives, que je considère comme analogues aux taches du Soleil, tombent dans le voisinage de l'équateur magnétique du globe, les tourbillons auront une action magnétique inverse de celle de la composante verticale primitive à cet endroit.

Dans mon expérience, la force magnétique dans la tache est déterminée presque entièrement par la magnétisation du globe-cathode. Les intensités de courant apportées par les décharges sont trop faibles pour produire un champ local marqué. Dans une tache solaire, au contraire, c'est le champ magnétique local qui prédomine, et cela peut très bien être dû aux énormes conditions existant dans le Soleil. D'une façon ou d'une autre, que nous ne connaissons pas encore, des tourbillons peuvent surgir

---

([1]) *De l'origine des mondes* (*Arch. de Genève*, 15 juin 1913, *fig.* 7, p. 538).

des décharges. L'intensité du courant est si grande que les forces magnétiques produites par elle seraient capables de retourner entièrement le champ magnétique original, qui était dû à la magnétisation générale du Soleil.

On pourrait peut-être considérer ici que les voies de courant, dans la photosphère et au-dessus de celle-ci, autour d'une tache, sont « choisies » pour ainsi dire au premier moment, avant que l'intensité du courant dans la décharge n'ait atteint une amplitude qui vaille la peine d'être mentionnée. Plus tard, lorsque l'intensité du courant est peut-être devenue des millions de fois plus grande, les trajets de courant conservent jusqu'à un certain point leur orientation et produisent un champ magnétique correspondant.

Voyons maintenant, en envisageant la question à ce point de vue, comment peuvent être réfutées les objections de Hale contre les tourbillons locaux (p. 57 de son Mémoire).

Il dit que la plus grande partie des taches du Soleil consistent en deux membres principaux de polarité contraire.

Et plus loin : « Si les pores sont des tourbillons électriques comme les taches, il n'y a aucune raison de supposer que les pores d'une polarité sont prépondérants dans l'hémisphère nord, et que ceux de la polarité contraire le sont dans l'hémisphère sud. »

Si le magnétisme des taches est produit comme je l'ai admis, les taches bipolaires se comprennent, puisque, au moment où une seule tache se trouve formée, les parties environnantes sont aimantées verticalement en sens contraire et la tache jumelle qui vient ensuite aura par conséquent une polarité en sens inverse.

Mais les pores ne représentent généralement pas des décharges violentes, et le champ vertical étant plus grand aux latitudes élevées il semble probable au contraire que des pores d'une polarité sont prépondérants dans l'hémisphère nord et que ceux de la polarité contraire le sont dans l'hémisphère austral.

D'après mes recherches, le moment magnétique du Soleil est de l'ordre de 10^{28} C. G. S., et l'aimantation est dirigée en sens contraire de celle de la Terre.

PHYSIQUE. — *Sur l'obtention aisée des températures atteignant — 211° par l'emploi de l'azote liquide.* Note de M. **Georges Claude.**

A la suite de la Communication que M. d'Arsonval a présentée en mon nom à la séance du 28 juillet, relativement à l'obtention facile de températures atteignant — 211° à l'aide de l'azote liquide, le professeur J. Dewar signale qu'il a décrit le procédé en question (barbotage rapide de l'hydrogène dans l'azote liquide) dans une conférence faite le 25 mars 1904 devant l'Institution royale de Grande-Bretagne, en indiquant — 214° pour la température limite.

Je m'empresse de reconnaître la priorité de Sir J. Dewar.

Je remarquerai seulement que le savant professeur donne à la température qu'il atteint la même signification que moi-même : c'est la température de congélation de l'azote, et c'est bien par conséquent un point fixe qui est obtenu. D'autre part, dans l'expérience de Dewar, le phénomène est étudié pour lui-même et est réalisé dans un appareil clos, en récupérant le froid à l'aide d'un petit échangeur, tandis que j'ai eu surtout en vue de réaliser un dispositif permettant d'utiliser aisément la température obtenue en opérant en vase ouvert.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'intégration de l'équation donnant la distribution de la densité du courant alternatif dans les conducteurs cylindriques.* Note de M. **R. Swyngedauw**, transmise par M. A. Blondel.

On sait que la densité Δ d'un courant alternatif sinusoïdal, en fonction du temps, dans un conducteur cylindrique, satisfait à l'équation

$$\frac{d^2\Delta}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{d\Delta}{dx} + a\Delta = 0, \qquad (1)$$

dans laquelle x représente la distance du point considéré à l'axe du conducteur, a un coefficient constant ; Δ une fonction imaginaire $A = jB$ (en posant $j = \sqrt{-1}$), qui représente en grandeur et en phase l'amplitude de la densité du courant à la distance x ; A et B sont fonctions de x seul.

On peut intégrer indirectement cette équation, comme lord Rayleigh, en constatant qu'elle est vérifiée si Δ est représentée par une série de Bessel ; mais ce procédé ne satisfait pas complètement l'esprit.

Potier a donné, d'autre part, l'expression de la densité du courant, en considérant l'équation différentielle qui lie la densité instantanée δ du courant au champ h, en un point situé à la distance x de l'axe du conducteur

$$\frac{d\delta}{dx} = \frac{\mu}{\rho}\frac{dh}{dt}, \tag{2}$$

μ étant la perméabilité, ρ la résistivité du conducteur. Mais sa méthode est un peu compliquée.

Cette équation, combinée avec l'équation classique du champ $h = \frac{2\,I}{x}$, m'a permis de retrouver l'expression la plus générale de la densité du courant sinusoïdal à l'intérieur du conducteur cylindrique par une méthode d'approximations successives très simple.

Considérons l'intégrale harmonique de l'équation (2) sous forme vectorielle imaginaire

$$\frac{d\Delta}{dx} = \frac{j\omega\mu}{\rho}\mathcal{H}, \tag{3}$$

où ω est la vitesse de pulsation $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

Soit Δ_0 la densité sur l'axe; intégrons l'équation (3) par rapport à x; on peut écrire en toute rigueur

$$\Delta = \Delta_0 + \frac{j\omega\mu}{\rho}\int_0^x \mathcal{H}\,dx, \tag{4}$$

$\mathcal{H}$ étant lui-même un vecteur harmonique de la forme

$$\mathcal{H} = X + jY.$$

Soit $\mathcal{H}_0$ l'expression d'un champ moyen dont les composantes X_0 et Y_0 sont les valeurs moyennes entre les deux valeurs extrêmes que peuvent prendre X et Y dans le cercle de rayon x. On peut écrire, comme première approximation,

$$\int_0^x \mathcal{H}\,dx = \mathcal{H}_0 x; \tag{5}$$

la densité se trouve ainsi exprimée, avec un terme exact et un deuxième approché, par

$$\Delta_1 = \Delta_0 + j\frac{\omega\mu x}{\rho}\mathcal{H}_0; \tag{6}$$

on en tire l'intensité du courant à travers le cercle de rayon x :

$$I = \int_0^x 2\pi x \Delta\, dx = \pi x^2 \Delta_0 + \frac{j\omega\mu}{\rho} \int_0^x 2\pi x^2 \mathcal{H}_0\, du;$$

celle-ci devient, en posant

$$\lambda = \frac{\omega\pi\mu}{\rho},$$

(7) $$I = \pi x^2 \Delta_0 + 2\frac{\lambda j x^3 \mathcal{H}_0}{3};$$

de (7) on tire, pour le champ $\mathcal{H}$ à la distance x de l'axe, une valeur de deuxième approximation :

(8) $$\mathcal{H}_1 = \frac{2I}{x} = 2\pi x \Delta_0 + \frac{2\lambda}{3} j x^2.$$

Cette valeur $\mathcal{H}_1$ étant substituée dans (3) et intégrée à nouveau, on obtient une nouvelle approximation de Δ avec deux termes exacts et un approché :

(9) $$\Delta_2 = \Delta_0 + j\lambda x^2 \Delta_0 + 2\lambda j^2 \frac{\omega\mu}{\rho} \frac{x_3 \mathcal{H}}{3^2}.$$

En opérant ainsi de proche en proche, on voit que, si l'on part d'une expression de Δ avec p termes exacts et le $(p+1)^{\text{ième}}$ approché, on obtient, après une nouvelle correction, une expression à $(p+1)$ termes exacts et un $(p+2)^{\text{ième}}$ approché. Un des p termes exacts, $k\Delta_0 x^{2n}$ de l'expression Δ_p donne, dans l'expression de l'intensité qu'on en déduit, un terme

$$\int_0^x 2\pi x k \Delta_0 x^{2n}\, dx = \frac{2 x k \Delta_0 x^{2n+2}}{2n+2}$$

et, dans l'expression du champ $\mathcal{H} = \frac{2I}{x}$ qui en résulte, un terme

$$\frac{4\pi k x^{2n+1} \Delta_0}{2n+2}.$$

A ce dernier terme substitué dans la relation (3) correspond le terme

$$\frac{4\lambda j k \Delta_0 x^{2n+1}}{2n+2}$$

et enfin, par l'intégration, ce dernier terme donne, dans la nouvelle expression de Δ, un terme

$$\frac{4\lambda j k \Delta_0 x^{2n+2}}{(2n+2)^2};$$

de sorte que, en définitive, à un terme $k\Delta_0 x^{2n}$ d'une certaine approximation de Δ correspond, après une nouvelle correction, un terme

$$k\Delta_0 x^{2n} j \frac{\lambda x^2}{(n+1)^2}.$$

De même, si, après la $p^{\text{ième}}$ correction, le terme approché de Δ_p a l'expression $kx^{2p+1}\mathcal{K}_0$, après la $(p+1)^{\text{ième}}$ correction, ce terme devient, dans la nouvelle expression, $\frac{4jk\lambda x^{2p+3}\mathcal{K}_0}{(2p+3)^2}$.

Le terme approché en $\mathcal{K}_0$ va donc rapidement en décroissant et en tendant vers zéro lorsque l'ordre de la correction s'élève.

Après un nombre indéfini de corrections successives, la densité Δ à la distance x de l'axe est donc donnée par la série suivante

$$\Delta = \Delta_0 \left| 1 + \frac{jz}{1^2} + \frac{j^2 z^2}{1^2 2^2} + \ldots + \frac{j^p z^p}{1^2 2^2 \ldots p^2} + \ldots \right. \qquad (10)$$

où

$$z = \lambda x^2.$$

On retrouve ainsi, par un raisonnement très simple et direct, que l'expression la plus générale qui intègre l'équation (2), dans le cas de conducteurs cylindriques, et sa transformée vectorielle l'équation (1), est la série de Bessel elle-même.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation des bons électrolytes et la loi des masses.* Note de MM. **P.-Th. Muller** et **R. Romann**, transmise par M. Haller.

Dans notre dernière Note [1] relative à un bon électrolyte obéissant à la loi des masses, nous avons fait entrevoir que notre résultat pourrait bien être dû à ce que la base et l'acide générateurs suivent eux-mêmes ladite loi et possèdent des ions dont l'hydratation semble être constante à partir de la dilution 100 ($1^{\text{mol-g}}$ dans 100^{l} d'eau).

Avec le bagage expérimental dont on dispose actuellement il n'est pas possible de faire la preuve pour les acides forts et les bases fortes, dont la conductibilité n'est pas suffisamment bien connue en solution étendue; mais au cas où ces corps seraient soumis à la loi des masses, il devrait en être de même de leurs sels.

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1889.

Nous avons essayé de vérifier cette conclusion hypothétique concernant les sels en adoptant les points de vue suivants. Au lieu de partir des lois de Kohlrausch sur les conductibilités moléculaires limites et de tirer celles-ci de l'extrapolation de courbes ou de formules empiriques, nous avons admis : 1° qu'il existe une conductivité limite constante Λ_∞; 2° que le sel suit la loi des masses aux dilutions supérieures à 100; par exemple entre 100^l et 1000^l; le coefficient d'ionisation étant donné par la formule simple d'Arrhénius

$$\gamma = \frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}.$$

Nous n'avons pas fait état des solutions au delà de 1000^l, qui sont entachées d'erreurs plus grandes, dues aux difficultés expérimentales.

Nous obtenons ainsi, à chaque dilution v, comprise entre 100 et 1000, une équation

$$\frac{\left(\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}\right)^2}{\left(1-\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}\right)v} = K$$

renfermant comme inconnues la conductivité limite Λ_∞ et la constante K (Λ étant la conductivité moléculaire pour la dilution v).

Enfin nous résolvons une *série* de ces équations en appliquant la méthode des moindres carrés.

Voici les résultats que nous trouvons en empruntant les Λ aux expériences classiques de Kohlrausch, faites à la température de 18°. Nous donnons les diverses valeurs de K, obtenues en portant notre Λ_∞ dans l'équation précédente.

		Valeurs de K aux dilutions					
	Λ_∞.	100.	200.	500.	1000.	Moyenne.	Λ_8. (Kohlrausch).
KCl	128,00	0,21	0,17	0,15	0,19	0,18	130,11
KNO^3	124,38	0,20	0,16	0,14	0,17	0,17	126,45
NaCl	107,10	0,19	0,15	0,13	0,17	0,16	108,99
$NaNO^3$	103,49	0,17	0,14	0,13	0,16	0,15	105,33
KBr	130,05	0,21	0,17	0,15	0,19	0,18	132,30
$AgNO^3$	113,86	0,17	0,14	0,12	0,16	0,15	115,80
NaCl (à 25°) (¹).	124,82	0,185	0,15	0,13	0,17	0,16	—

On voit que les K présentent encore une certaine marche, mais la

(¹) Bray et Hunt, *Amer. chem. Soc.*, t. XXXIII, 1911, p. 786.

constance est déjà suffisante pour qu'on ait le droit d'en inscrire provisoirement la valeur moyenne.

Les conductivités limites calculées par notre procédé sont plus petites que celles de Kohlrausch, de 1,7 pour 100 en moyenne. Les travaux récents rendent vraisemblables que Kohlrausch extrayait de ses formules d'extrapolation des conductivités limites trop élevées [1]. Drucker, Tarle et Gomez [2] trouvent pour KCl une valeur de Λ_∞ qui coïncide avec la nôtre, et par des moyens différents des nôtres ces auteurs arrivent, pour la conductivité limite de KBr, au nombre 129,8 qui est même un peu inférieur à celui que nous indiquons; ils admettent pour ce sel l'exactitude de la loi des masses, entre les dilutions 100 et 1000.

Il devient possible, à présent, de calculer la mobilité (c'est-à-dire la conductivité limite) de chaque ion. Nous adoptons le même point de départ que Kohlrausch, à savoir que la vitesse relative de l'ion Cl, dans le KCl, est égal à 0,503. Nous trouvons ainsi les mobilités suivantes à l'aide de KCl, NaCl et KNO^3 :

K.	Cl.	Na.	NO^3.
63,62	64,38	42,72	60,76

De ce Tableau nous déduisons la conductibilité limite de $NaNO^3$: $42,72 + 60,76 = 103,48$; alors que le calcul direct, avec les conductibilités de l'azotate de sodium, nous a fourni 103,49. La concordance est très bonne. Nous nous proposons de soumettre les autres électrolytes de Kohlrausch aux mêmes calculs.

Si nous faisons la différence $\Lambda_\infty - \Lambda_{1000}$ nous tombons pour nos six sels sur des nombres assez constants, égaux en moyenne à 0,67; c'est l'expression de la règle empirique d'Ostwald-Bredig, relative aux sels neutres.

Nous avons joint au tableau des Λ_∞ et des K une donnée relative au chlorure de sodium, à 25°, emprunté à Bray et Hunt. La moyenne K (0,16) est égale à celle obtenue à la température de 18°. Nous pouvons en conclure que la chaleur d'ionisation du sel marin est très petite, à la température ordinaire. On admet du reste que l'effet thermique corrélatif de l'ionisation des bons électrolytes est inférieur, en général, à celui des électrolytes faibles.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que la fonction $\frac{\gamma^2}{(1-\gamma)\varphi} = K$ est

---

(1) Voir par exemple : Bates, *Amer. chem. Soc.*, t. XXXV, 1913, p. 519.

(2) *Zeits. f. Elektroch.*, t. XIX, 1913, p. 8.

extrêmement sensible anx moindres variations de γ, c'est-à-dire de Λ, dès que γ est compris entre 0,9 et 1, ce qui est le cas de nos bons électrolytes. Ainsi, à la dilution de 1000[l], l'ionisation de KCl est $\frac{127,34}{128,00} = 0,9948$, ce qui donne une constante K égale à 0,19. Diminuons Λ de 1 pour 1000, c'est-à-dire prenons 127,21 (au lieu de 127,34); nous voyons K tomber à 0,16.

Si nous tenons compte de ce fait, les valeurs que nous avons trouvées pour les divers K, quoique laissant encore à désirer, militent plutôt en faveur de la loi des masses que contre elle, et le fossé qui séparait, à ce point de vue, les bons électrolytes des médiocres paraît devoir être comblé à brève échéance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation des acides α hydroxylés βγ non saturés en acides γ-cétoniques.* Note de M. **J. Bougault.**

Depuis que Fittig (1) a fait connaître la transformation de l'acide phényl-α-oxycrotonique en acide benzoylpropionique

$$C^6H^5.CH = CH.CHOH.CO^2H \longrightarrow C^6H^5.CO.CH^2.CH^2.CO^2H$$

sous l'action de l'acide chlorhydrique dilué à l'ébullition, de nombreux exemples de ce genre d'isomérie ont été observés (2) et la réaction peut être considérée comme très générale.

Le processus de cette réaction a été interprété par Fittig de la façon suivante, en prenant comme exemple l'acide phényl-α-oxycrotonique : cet acide perdrait 1[mol] d'eau en donnant transitoirement un acide diéthylénique, lequel fixerait ensuite 2[mol] d'eau pour former d'abord un acide glycol, puis la lactone correspondante. Cette dernière deviendrait, par déshydratation, une lactone non saturée qui s'isomériserait en acide benzoylpropionique

$$C^6H^5.CH = CH.CHOH.CO^2H \longrightarrow C^6H^5.CH = CH = CH.CO^2H,$$
$$\longrightarrow C^6H^5.CHOH.CHOH.CH^2.CO^2H \longrightarrow C^6H^5.\underset{\lfloor O \rfloor}{CH.CHOH.CH^2CO},$$
$$\longrightarrow C^6H^5.\underset{\lfloor O \rfloor}{C = CH.CH^2.CO} \longrightarrow C^6H^5.CO.CH^2.CH^2.CO^2H.$$

(1) *Lieb. Ann.*, t. CCXCIX, 1898, p. 20 et suiv.
(2) Voir entre autres : Erlenmeyer, *Lieb. Ann.*, t. CCCXXXIII, 1904, p. 196. — J. Bougault, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, t. XV, 1908, p. 513.

A la suite de son travail sur les lactones non saturées, Thiele ([1]) proposa une nouvelle explication. Selon lui, l'acide phényl-α-oxycrotonique se transformerait d'abord en une oxylactone qui, par déshydratation, donnerait la lactone phényl-Δ_1-crotonique; celle-ci subirait l'isomérisation, découverte par Thiele, en lactone phényl-Δ_2-crotonique, laquelle donnerait enfin l'acide benzoylpropionique. Les formules suivantes représentent ces différentes réactions :

$$C^6H^5.CH = CH.CHOH - CO^2H \longrightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.CH - CH^2.CHOH.CO \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\qquad\quad\;\; | \\ \quad\;\; O \text{------------------} \end{array}$$

$$\longrightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.CH.CH = CH.CO \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\quad\; | \\ \quad\;\; O \text{-------------} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.C = CH.CH^2.CO \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\quad\; | \\ \quad\;\; O \text{-------------} \end{array}$$

$$\longrightarrow C^6H^5.CO.CH^2.CH^2.CO^2H.$$

Quelques années plus tard, Erlenmeyer ([2]), dans une longue dissertation sur la même question, après avoir passé en revue les diverses hypothèses possibles, et en particulier celles de Fittig et de Thiele, s'arrêta à l'interprétation suivante qui, d'ailleurs, diffère peu de celle de Thiele :

Le premier terme de la transformation serait un acide phényl-γ-oxycrotonique (alors inconnu), puis cet acide se transformerait en lactone phényl-Δ_1-crotonique, celle-ci en lactone phényl-Δ_2-crotonique et cette dernière en acide benzoylpropionique, ainsi que l'expriment les schémas :

$$C^6H^5.CH = CH.CHOH.CO^2H \longrightarrow C^6H^5.CHOH.CH = CH.CO^2H$$

$$\longrightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.CH.CH = CH.CO \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\quad\; | \\ \quad\;\; O \text{-------------} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.C = CH.CH^2.CO \\ \quad\;\; | \qquad\qquad\quad\; | \\ \quad\;\; O \text{-------------} \end{array}$$

$$\longrightarrow C^6H^5.CO.CH^2.CH^2.CO^2H.$$

Les recherches que j'ai publiées récemment ([3]) viennent apporter, pour la solution de la question, une base expérimentale précise qui manquait jusqu'ici.

J'ai montré que l'acide phényl-α-oxycrotonique est transformé partiellement en acide phényl-γ-oxycrotonique sous l'action des acides d'avidité moyenne (acides oxalique et phosphorique). Depuis, j'ai pu caractériser ce même acide phényl-γ-oxycrotonique dans les produits de la réaction de Fittig elle-même, c'est-à-dire dans l'action de l'acide chlorhydrique sur

(1) *Lieb. Ann.*, t. CCCXIX, 1901, p. 199.

(2) *Lieb. Ann.*, t. CCCXXXIII, 1904, p. 205.

(3) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 377.

l'acide phényl-α-oxycrotonique, en arrêtant toutefois l'opération avant la transformation en acide benzoylpropionique.

Il est donc extrêmement probable que l'acide phényl-γ-oxycrotonique est le premier terme de la transformation, ce qui confirme la première partie de l'hypothèse d'Erlenmeyer.

Quant au passage par les lactones, qu'admettent les auteurs précédemment cités, il n'a rien de nécessaire.

En effet, j'ai montré que si l'acide phényl-γ-oxycrotonique est isomérisé en acide benzoylpropionique par les acides forts, il l'est également, et non moins aisément, par les alcalis, auquel cas l'intervention des lactones ne peut être invoquée.

En résumé, il paraît bien démontré que la transformation des acides α hydroxylés βγ non saturés en acides γ-cétoniques se fait en passant par les acides γ hydroxylés αβ non saturés, et que la réaction ne comporte pas d'autre terme intermédiaire. Les formules suivantes schématisent ce processus :

$$R.CH = CH.CHOH.CO^2H \longrightarrow R.CHOH.CH = CH.CO^2H$$
$$\longrightarrow R - CO.CH^2.CH^2.CO^2H$$ (1).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique de glucosides d'alcools polyvalents: glucosides α de la glycérine et du glycol.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel.**

Nous avons montré que la question de la synthèse biochimique d'un glucoside ne peut être abordée utilement qu'en opérant avec un ferment unique, ou bien, si l'on emploie un mélange de ferments, en l'employant dans des conditions telles que le ferment synthétisant du glucoside soit le seul à pouvoir entrer en action.

Dans l'état actuel de nos connaissances, l'obtention d'un ferment pur n'étant pas possible, il n'y a que la seconde de ces conditions qui soit réalisable, et c'est parce qu'elle a été à peu près réalisée dans nos recherches

(1) J'admets pour l'acide phényl-γ-oxycrotonique, que j'ai obtenu récemment, la formule $C^6H^5.CHOH.CH = CH.CO^2H$, de préférence à $C^6H^5.COH = CH.CH^2.CO^2H$, bien que l'expérience ne m'ait pas encore permis de trancher avec sûreté. Mais quelle que soit la formule qu'on adopte, les conclusions essentielles de cette Note n'en sont point modifiées.

sur la glucosidification des alcools par l'émulsine, que nous avons pu préparer, à l'état de pureté, un grand nombre de glucosides β.

Dans la glucosidification des alcools par la glucosidase α (¹), on rencontre, à ce point de vue, des difficultés particulières qui tiennent surtout à ce que le produit utilisé comme ferment (macération aqueuse de levure basse desséchée à l'air) renferme, à côté de la glucosidase α, de faibles proportions d'émulsine proprement dite, c'est-à-dire d'un ferment qui détermine la formation de glucosides β. Comme l'état d'équilibre auquel aboutit la réaction synthétisante est indépendant de la quantité de ferment (²), si l'on prolonge indéfiniment l'essai, on obtiendra un mélange de glucoside α et de glucoside β, dans lequel la proportion du second de ces glucosides pourra atteindre celle du premier. Et si l'on n'a pas suivi, à partir du commencement de l'essai, la réaction au polarimètre et à la liqueur de Fehling, la formation du glucoside α, qui est accusée par une augmentation de la rotation droite, pourra passer inaperçue, puisque la formation du glucoside β correspond à une diminution de cette même rotation droite.

Ce n'est pas tout. Nous savons que la levure basse desséchée renferme des enzymes capables de déterminer des condensations de glucose : il n'y a donc pas toujours avantage, comme on l'a cru généralement jusqu'ici, à faire intervenir ce sucre en grandes proportions, l'importance des réactions synthétisantes dépendant de la masse des principes en présence. On s'exposerait à obtenir, dans un seul essai, avec la macération de levure : glucoside α, glucoside β et hexobioses variés, c'est-à-dire un mélange dont les composants sont difficiles à séparer, le polarimètre et le dosage des sucres réducteurs ne pouvant, d'ailleurs, apporter sur la nature des réactions, d'éclaircissements satisfaisants.

Dans les recherches que nous résumons aujourd'hui, qui ont eu pour objet l'étude de la glucosidification de la glycérine et du glycol par la glucosidase α, nous avons essayé de nous mettre à l'abri de ces différents inconvénients. Nous devons faire remarquer, cependant, que cette glucosidification, surtout en ce qui concerne la glycérine, peut être complexe encore par un autre côté.

La glycérine, en effet, est un alcool trivalent : deux fois primaire et une

(¹) Em. Bourquelot, H. Hérissey et M. Bridel, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 491 et 1493.

(²) Em. Bourquelot et J. Coirre, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 643. — Em. Bourquelot et Em. Verdon, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 957.

fois secondaire, qui peut donner naissance à cinq glucosides différents. Aussi nous sommes-nous bornés dans ces premiers essais, à nous assurer qu'il y avait bien formation de glucosides α et à suivre les processus synthétisants, sans chercher encore à séparer les produits formés.

Comme dans les recherches rappelées plus haut, il avait été constaté que la glucosidase α est détruite dans les alcools dont le titre dépasse 25 à 30 centièmes, nous avons préparé, pour le cas où la glycérine à une certaine concentration détruirait aussi ce ferment, une série de sept solutions renfermant, pour 100^{cm^3}, 10, 20, 30, 60, 80, 90 et 94^g de cet alcool, 2^g de glucose et une quantité de macéré de levure basse séchée correspondant à 1^g de ce produit. Le volume de 100^{cm^3} était complété par de l'eau. Ces liquides, additionnés chacun de 20 à 25 gouttes de toluène, ont été abandonnés à la température du laboratoire (16° à 20°). Dans le Tableau ci-dessous sont rassemblées les rotations observées jusqu'au dix-huitième jour à des intervalles de 3, 4, 5 et 6 jours, ainsi que les quantités de glucose combinées pour chaque essai en 18 jours, et le pourcentage de ces quantités. Rotation initiale : $+2°6'$ ($l = 2$).

Glycérine pour 100^{cm^3}.	Rotations observées après				Glucose combiné après 18 jours	
	3 jours.	7 jours.	12 jours.	18 jours.	dans l'essai.	pour 100.
g	° ′	° ′	° ′	° ′	g	
10....	+2.28	+2.40	+2.40	+2.40	0,245	12,26
20....	+2.36	+3.	+3. 6	+3. 6	0,441	22,09
30....	+2.34	+3.10	+3.30	+3.36	0,657	32,89
60....	+2.26	+2.56	+3.24	+3.54	0,748	37,37
80....	+2.18	+2.50	+3. 6	+3.36	0,658	32,89
90....	+2.20	+2.44	+3. 4	+3.32	0,652	32,59
94....	+2.20	+2.34	+2.47	+3.12	0,498	24,89

On a prélevé 5^{cm^3} du liquide renfermant 60^g de glycérine pour 100^{cm^3}. On les a additionnés de glucosidase α, puis d'eau, pour faire 15^{cm^3}. En 2 jours la rotation qui était de $+1°18'$ avait passé à $+1°$ et la proportion de glucose s'était élevée de $0^g,4175$ pour 100^{cm^3} à $0^g,4695$.

Il y a donc eu réaction synthétisante dans tous les cas, puisque le glucose a diminué de 12 à 37 pour 100, et cette réaction correspond à la formation de glucosides α, puisque la rotation droite a augmenté (1) et que le produit formé est hydrolysé par la macération de levure séchée (glucosidase α).

(1) Tout récemment, M. Bayliss (*Journal of Physiology*, t. XLVI, 19 juin 1913) a essayé l'action de la levure basse séchée sur un mélange de glycérine, glucose et eau. Ses résultats sont tout différents, puisqu'il a observé une diminution de la rotation.

Pour le glycol nos essais ont porté sur cinq mélanges renfermant, pour 100^{cm^3}, 10^g, 20^g, 30^g, 40^g et 50^g de cet alcool, chacun contenant en outre $1^g,9680$ de glucose et le macéré de levure correspondant à 1^g. Même mode opératoire que plus haut. Voici les résultats des douze premiers jours de l'épreuve. Rotation initiale : $+1°58'$ ($l=1$).

Glycol pour 100cm³.	Rotations observées après		Glucose combiné après 12 jours	
	3 jours.	12 jours.	dans l'essai.	pour 100.
g 10........	° ′ + 2.36	° ′ + 2.44	g 0,442	22,45
20........	+ 3	+ 3.32	0,689	35,01
30........	+ 3	+ 4	0,909	46,18
40........	+ 2.56	+ 4.18	1,056	53,65
50........	+ 2.54	+ 4.24	1,073	54,52

La réaction synthétisante s'est donc produite, ici aussi, dans tous les mélanges essayés avec formation de glycolglucosides que nous devons considérer comme appartenant à la série α. Fait intéressant, la réaction a été plus rapide avec le glycol qu'avec la glycérine, ce qui peut tenir, entre autres causes, à ce que, pour un même poids de ces deux alcools, il y a un tiers de molécules de plus de glycol que de glycérine.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur un détail méconnu de la fossilisation des débris organiques*. Note de M. **Stanislas Meunier**.

Ayant eu l'occasion, il y a peu de temps, d'examiner des produits extraits par dragage de plusieurs ports de mer et spécialement de celui du Tréport, j'ai été frappé d'y retrouver des particularités qui déjà avaient à plusieurs reprises attiré mon attention, et qui semblent être prises en considération dans la théorie générale de la fossilisation. Il s'agit de l'état de décomposition très avancée de tests de Mollusques enfouis dans des vases noirâtres et fétides et provenant de Mactres, de Tellines, de Pétoncles et de Natices. Ces débris, qui sont en pleine putréfaction, sont sans nul doute le siège d'un travail microbien des plus intenses et il sera bon de rechercher à préciser les microorganismes qui y président. Les coquilles y sont plus ou moins et souvent tout à fait « pourries » de façon qu'après dessiccation elles tom-

Peut-être, comme il le suppose, y a-t-il eu du glucose détruit, ce qui se comprendrait, par exemple, s'il n'a pas pris la précaution d'ajouter une quantité suffisante d'antiseptique.

bent spontanément en poussière et se présentent comme des résidus de dissolution.

J'ai recueilli des blocs de ces argiles et de ces calcaires plus ou moins argileux, charbonneux parfois, qui, brisés alors qu'ils sont devenus solides en se desséchant, présentent des cavités partiellement vidées et destinées à se vider complètement si les choses n'avaient point été troublées. On constate que ces cavités ont exactement la forme des Mollusques qui y étaient empâtés, c'est-à-dire qu'elles ressemblent d'une manière complète à des cavités qu'on trouve dans maintes roches de diverses époques et qui témoignent de la présence antérieure de fossiles qui ont disparu. Les grès stampiens qu'on voit à Romainville (les Lilas) et à Dampmart, près de Thorigny (Seine-et-Marne), sont dans ce cas-là et le fait a paru plus singulier encore pour des calcaires comme ceux d'Arcueil et de beaucoup d'autres localités du Lutétien inférieur. La singularité apparente de la dissolution du calcaire de coquille au sein d'une gangue « également calcaire » a conduit à des suppositions étranges et l'on est allé jusqu'à spéculer sur la différence, d'ailleurs bien faible, de solubilité de l'*aragonite* dont seraient faits les tests et de la *calcite* dont seraient composées les gangues.

Cette explication ne résiste pas à l'examen, tandis que l'intervention observée du phénomène microbien jette la lumière la plus vive sur la question; en réalité, si la roche est calcaire, la coquille est faite d'une matière organique très complexe. Celle-ci, à l'inverse de la roche, peut offrir un aliment aux microbes, et ceux-ci, en vivant dans sa masse, l'attaquent et la dissolvent, tandis qu'ils n'ont aucun motif pour altérer la masse encaissante. On conçoit d'ailleurs que les conditions propres au développement de la vie des protoorganismes ne soient pas réalisées partout où des coquilles sont enfouies, et l'on explique ainsi que tant de tests persistent dans les roches. Mais il faut reconnaître que le phénomène qui nous occupe présente, par lui-même, des dimensions et une importance considérables.

Il s'en faut, en effet, que les cavités, laissées vides après la dissolution microbienne, restent toujours sans remplissage; dans le plus grand nombre de cas, au contraire, au lieu des chambres citées plus haut et dont nous avons trouvé des exemples si remarquables dans la craie blanche de Margny (Oise), les eaux de circulation souterraine y ont déposé des minéraux variés. Parfois c'est de la silice qui a incrusté les espaces libres et les a comblés comme dans le calcaire de Pierrelaye; le plus souvent c'est la calcite qui s'y signale par sa blancheur et qui s'y est arrêtée comme

dans les crevasses des marbres anciens où elle constitue les *marbrures*. Le calcaire noir de Bagnères, avec ses énormes hippurites parfaitement blanches, en est un exemple remarquable à côté duquel se rangeraient les calcaires carbonifères à *Murschisonia* du Nord, de Belgique et d'Angleterre, et une infinité d'autres roches de tous les âges et de tous les pays.

Ce sont des épigénies en deux temps contrastant avec celles où la substitution de la matière secondaire à la substance primitive s'est faite molécule à molécule et a produit, par exemple, la silicification des bois, des os et des coquilles.

M. **Jean Constantin** adresse un Mémoire intitulé : *L'énigme du vol de l'oiseau.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 3 heures trois quarts.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 4 août 1913.

Annales de l'Institut national agronomique (École supérieure de l'Agriculture); 2e série, t. XII, fasc. 1. Paris, J.-B. Baillière et fils; Librairie agricole de la Maison rustique, 1913; 1 vol. in-8°.

Mémoires de la Société académique d'Agriculture des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube; 3e série, t. XLIX, année 1912. Troyes, J.-L. Paton, s. d.; 1 vol. in-8°.

Claude Bernard, 12 *juli* 1813-12 *juli* 1913. *In Memoriam*, door L.-Th. Schleurholts Boerma. Utrecht, 1913; 1 fasc. in-8°.

Plastosomes et « organ-forming substances » dans l'œuf des Ascidiens, par J. Duesberg. (Extr. du *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, Classe des Sciences, n° 5, mai 1913.) Bruxelles, Hayez, 1913; 1 fasc. in-8°.

Sur l'identité des phénomènes de la métamorphose de l'épithélium intestinal

chez certains insectes et chez les Amphibiens anoures, par J. Duesberg. (Extr. de *Zoologischen Anzeiger;* t. XLII, n° 1, 6 mai 1913.) 1 feuille in-8°.

Recherches sur les gonocytes primaires (Urgeschlechtszellen) pendant la période d'indifférence sexuelle et le développement de l'ovaire chez le poulet, par Jean Firket. (Extr. de *Anatomischer Anzeiger;* t. XLIV, n°s 8-9, 1913.) Iena, Gustav Fischer; 1 fasc. in-8°.

Synopsis of the Rotatoria, by Harry-K. Harring. (Smithsonian Institution. United States National Museum; *Bull.* 81.) Washington, 1913; 1 fasc. in-8°.

Relationships of the false date palm of the Florida Keys, with a synoptical key to the families of american palms, by O.-F. Cook. (*Contributions from the United States National Herbarium;* t. XVI, part 8.) Washington, 1913; 1 fasc. in-8°.

Royal Observatory, Hong-Kong. Monthly meteorological Bulletin; may 1913. Hong-Kong, 1913; 1 fasc. in-4°.

Memoirs of the Department of Agriculture in India. — Chemical series; t. III, n° 1, may 1913. *Evaporation from a plain water surface*, by J. Walter Leather. — Botanical series; t. VI, n° 1, june 1913. *Notes on pollination and cross-fertilisation in the common rice plant, Oryza sativa* Linn., by G.-P. Hector. Calcutta, 1913; 2 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 11 AOÛT 1913.

L'effet gyrostatique et ses applications, par Ed.-W. Bogaert. Paris, Ch. Béranger; Bruxelles, Ramlot frères et sœurs, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bertin, pour le concours du prix Montyon, Mécanique, de 1914.)

Die Arbeiten des Königlich-Preussischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre 1912; Bd. VIII, mit 42 in dem Text gedruckten Abbildungen; herausgegeben von Richard Assmann, Director. Brunswick, F. Vieweg et fils, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Cours élémentaire de Chimie et de Minéralogie, par C.-J. Istrati et G.-G. Longinescu, avec une *Préface* de Charles Friedel, Membre de l'Institut; 2e édition française, publiée après la 4e édition roumaine, par A. Adam. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°.

Note sur une illusion de relativité, par Maurice Gandillot. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

Recueil des Actes du Comité médical des Bouches-du-Rhône; t. LII, avril 1912-avril 1913. Marseille, 1913; 1 vol. in-8°.

An extraordinary meteoric display, by C.-A. Chant. (*The Journal of the Royal astronomical Society of Canada;* t. VII, n° 3, mai-juin 1913, p. 145-220.) Toronto, 1913; 1 fasc. in-8°.

Catalogue de la collection de météorites de l'Observatoire du Vatican, par le marquis de Mauroy. Rome, 1913; 1 fasc. in-4°.

Flore carbonifere e permiane della Toscana, per Carlo de Stefani. Florence, G. Carnesecchi et fils, 1901; 1 vol. in-8°.

Il Museo e Orto botanico di Firenze; relazione del prof. O. MATTIROLO. Florence, Galletti et Cocci, 1900; 1 fasc. in-8°.

L'infezione diplococcica; Contributo de osservazioni cliniche e batteriologiche del Dott. CESARE BADUEL. Florence, 1899; 1 vol. in-4°.

Astronomical and magnetical and meteorological Observations made at the Royal Observatory, Greenwich, in the year 1911, under the direction of F.-W. DYSON. Londres, 1913; 1 vol. in-4°.

Observations of major planets made with the heliometer at the Royal Observatory, Cape of Good Hope, during the years 1905 *to* 1910, under the direction of S.-S. HOUGH. Londres, 1912; 1 fasc. in-4°.

Meteorologische Beobachtungen angestellt in Jurjew im Jahre 1912; Jahrgang 47. Jouriev, 1913; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 18 AOÛT 1913.

Specola Vaticana. *Carta fotografica del cielo;* zona + 55° : n°s 2-8, 10, 12, 53, 57, 116. — Zona + 61° : n°s 776, 777. Rome; 14 feuilles in-plano.

Annales de l'Observatoire municipal de Montsouris; t. XI. Paris, 1910; 1 vol. in-8°.

Congrès des Ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France, tenu à Paris du 21 *au* 24 *mai* 1913. Paris, 1913; 1 vol. in-8°.

Eine Schrift von Ensheim « Recherches sur les calculs différentiel et intégral », mit einem sich darauf beziehenden, nicht in die « Œuvres » übergegangenen Brief von Lagrange analysiert und zum 10 *April* 1913 *herausgegeben,* von K. BOPP. Heidelberg, 1913; 1 broch. in-8°.

Ueber Zellenbildung in carnea und Herzklappen, von Prof. Dr GRAWITZ, D^r FR. SCHLAEFKE und D^r FR. UHLIG. Greifswald, 1913; 1 broch. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er SEPTEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. LE GÉNÉRAL BASSOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variations de la couche supérieure de l'atmosphère solaire à l'approche d'un minimum de taches. Permanence des alignements.* Note de MM. **H. Deslandres** et **L. d'Azambuja**.

Depuis l'année 1908, l'Observatoire de Meudon relève journellement par la photographie les formes et les mouvements de la couche supérieure de l'atmosphère solaire (1). L'existence d'une couche supérieure, distincte par ses propriétés optiques des couches plus basses, et les moyens de l'obtenir entière et bien pure ont été indiqués par l'un de nous de 1892 à 1894 (2). Mais les appareils puissants qui sont nécessaires ont pu être réalisés et mis en œuvre à Meudon, seulement dans le second semestre de 1908. Actuellement, des appareils similaires sont en construction dans d'autres Observatoires et ne sont pas encore terminés; notre Observatoire est toujours le seul organisé pour cette recherche spéciale.

Cette première étude a révélé des faits nouveaux et des propriétés caractéristiques de la couche nouvelle; les premiers résultats ont été exposés dans plusieurs Notes successives des *Comptes rendus* et dans le Tome IV de nos *Annales* (1910); ils se rapportent aux trois années de 1908 à 1910. La

(1) Les autres couches plus basses, au nombre de trois, sont enregistrées aussi journellement avec d'autres appareils et même depuis un nombre d'années beaucoup plus grand.

(2) Deslandres, *Comptes rendus*, t. **114**, 1892, p. 276 et 578; t. **117**, 1893, p. 716 et 1053, et t. **119**, 1894, p. 148.

Note actuelle présente quelques résultats des années suivantes, de 1911 à 1913, et complète les Notes précédentes ([1]).

La division des recherches et publications en deux groupes apparaît naturelle, si l'on examine un instant la figure 1, qui donne la surface totale des taches depuis l'année 1900. Le premier groupe, de 1908 à 1910, correspond à la fin d'une phase de maximum des taches, et le second groupe à une phase de minimum. La grande oscillation undécennale des taches est suivie, comme on sait, par toutes les dépendances solaires reconnues jusqu'ici, et il est indiqué de rapprocher des taches les phénomènes solaires nouveaux. Aussi nous sommes-nous posé la question suivante : Les variations de la couche supérieure sont-elles en accord avec celles des taches et de la surface? La question s'imposait, surtout en 1910, qui a montré un désaccord, au moins momentané, entre les deux phénomènes.

Nous résumerons d'abord brièvement les principales propriétés, déjà connues, de la couche supérieure. Les taches, qui sont les éléments noirs caractéristiques de la surface, manquent dans la couche supérieure; par contre, les éléments brillants, facules et flocculi y sont plus larges. De plus, la couche supérieure offre des lignes noires, nouvelles et caractéristiques, appelées *filaments et alignements*, qui forment un réseau à larges mailles sur le Soleil entier. Les filaments, noirs et nets, sont visibles sur les images de l'hydrogène et du calcium; les alignements, moins noirs et nets, n'apparaissent bien qu'avec le calcium. Leur importance est grande, car ils correspondent aux protubérances du bord, aux limites et aux divisions des plages faculaires; ils forment un lien visible, le premier reconnu jusqu'ici, entre les diverses parties du Soleil.

Les filaments, cependant, qui sont des alignements particuliers, attirent plus l'attention; ils ont été présentés comme aussi importants que les taches et dignes d'être mesurés avec le même soin. L'Observatoire, qui n'a pas de bureau de mesures, n'a pas pu les relever tous avec précision, et nous décrirons ici seulement leurs variations générales.

On distingue trois sortes de filaments :

1° Les filaments, en général minces et courbes, qui émanent d'une tache;

([1]) Voir DESLANDRES et d'AZAMBUJA, *Comptes rendus*, t. **147**, 1908, p. 334; t. **148**, 1909, p. 1011 et 1035; t. **149**, p. 521; t. **153**, 1911, p. 443. — DESLANDRES, *Comptes rendus*, t. **143**, 1906, p. 1053; t. **147**, 1908, p. 467 et 1016; t. **148**, 1909, p. 968; t. **150**, 1910, p. 1007; t. **151**, p. 413; t. **152**, 1911, p. 1453 et 1541; et t. **155**, 1912, p. 531, 743 et 1573.

2° Les filaments inclinés sur les méridiens, souvent très longs et très noirs, qui, dans l'intervalle de 1908 à 1910, ont prédominé dans les hémisphères et les longitudes qui n'ont pas de taches;

3° Les filaments polaires, de latitude supérieure à 45°, à peu près perpendiculaires aux méridiens, et qui, parfois, forment autour des pôles des courbes ou polygones fermés; des sommets du polygone partent de grands alignements dirigés vers les autres régions de l'astre et vers l'autre pôle. Or, les filaments et courbes polaires ont pris un développement extraordinaire dans le premier semestre de 1910, alors que justement les taches diminuaient rapidement (voir la figure 1 ci-dessous et le Tome IV de nos

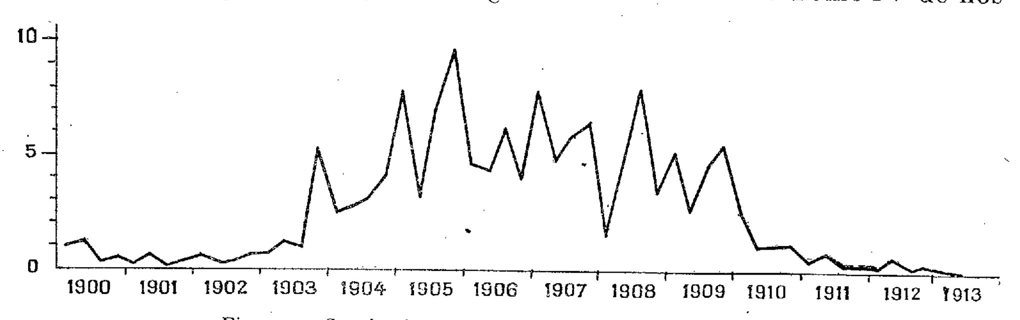


Fig. 1. — Courbe des variations des taches de 1900 à 1913.
Les ordonnées sont proportionnelles aux portions de la surface solaire occupées par les taches.

Annales, planches 40, 43 et 45). Nous avons été ainsi conduits à relever avec grand soin tous les filaments dans les années suivantes; car en 1910 on pouvait penser que la courbe polaire intense était liée à la phase du minimum.

Nous sommes actuellement fixés sur ce point. En 1913, les taches sont extrêmement réduites, comme on le voit sur la figure 1; or, tous les filaments, les filaments polaires y compris, sont réduits dans la même proportion. Mais la diminution des deux éléments noirs, taches de la surface et filaments de la couche supérieure, a eu lieu de façon assez différente. En 1910, les taches ont diminué fortement, alors que les filaments, les filaments polaires surtout, ont été plus intenses. En 1911, les taches continuant à décroître, les filaments inclinés ont faibli; mais les courbes polaires sont restées notables, surtout dans l'hémisphère sud, déjà plus favorisé dans l'année 1910; il faut citer en particulier les belles courbes de mai, juin et juillet 1911.

En 1912, les filaments inclinés ont presque disparu et les polaires se sont montrés encore, mais diminués en intensité. En particulier, une courbe polaire faible a été visible au Sud pendant quatre rotations. Enfin, en 1913,

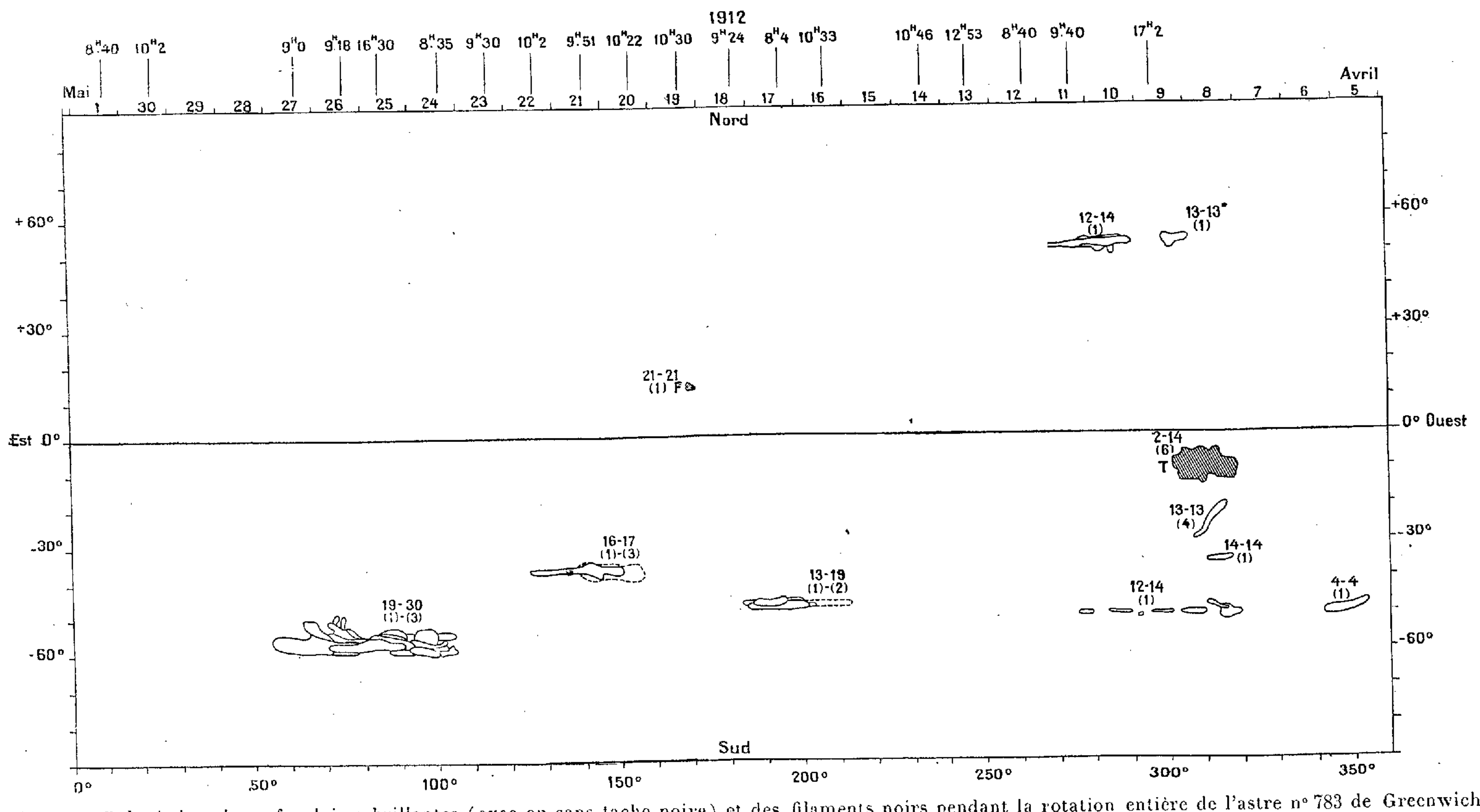


Fig. 2. — Relevé des plages faculaires brillantes (avec ou sans tache noire) et des filaments noirs pendant la rotation entière de l'astre n° 783 de Greenwich. La ligne des abscisses Est 0°-0° Ouest est la circonférence équatoriale développée ; sur la ligne horizontale inférieure, on a marqué les longitudes correspondantes et sur la ligne supérieure les dates correspondantes de passage au méridien central et aussi les heures de l'observation. Les ordonnées sont les latitudes marquées sur les côtés latéraux. Dans ce mode de représentation, les lignes horizontales sont agrandies dans le rapport de 1 à cos λ, λ étant la latitude.

Les plages faculaires sont les parties avec hachures, accompagnées de la lettre T, si elles contiennent une tache, et de la lettre F dans le cas contraire. Les filaments sont représentés par leur contour, et leurs positions successives, plus ou moins confondues, sont indiquées. Les chiffres voisins sans parenthèse donnent les dates extrêmes de l'apparition, et les chiffres avec parenthèses représentent l'intensité de la tache ou du filament comptée de (1) à (10), 10 étant la plus forte.

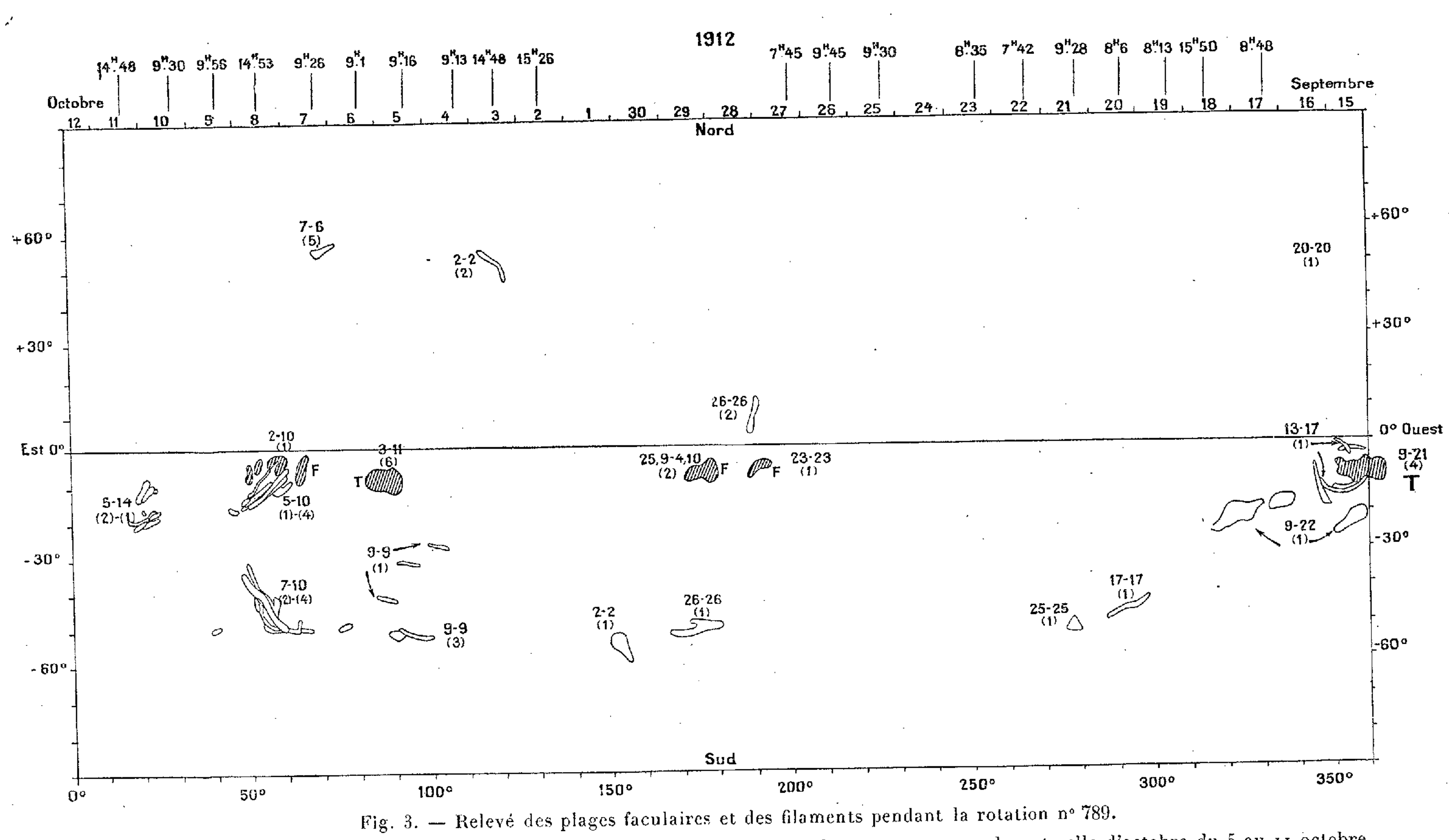


Fig. 3. — Relevé des plages faculaires et des filaments pendant la rotation n° 789.

Note 1. — La tache d'avril a été visible du 8 au 14 avril, celle de septembre du 12 au 20 septembre et celle d'octobre du 5 au 11 octobre.

Note 2. — Les plages faculaires et les filaments sont relevés sur nos épreuves spéciales de la couche supérieure; et les taches qui manquent sur ces épreuves, sont reconnues sur les épreuves de la surface ou des couches plus basses.

tous les filaments ont été réduits à peu près au même degré que les taches.

Finalement, on peut dire : dans l'intervalle considéré, les filaments ont suivi les variations des taches, mais avec un retard notable, le retard étant grand surtout avec les filaments polaires. La permanence momentanée des courbes polaires est en accord avec un maximum secondaire des protubérances aux latitudes élevées.

D'autre part, et ce dernier point est important, dans le même intervalle de temps, les alignements se sont maintenus, sans variations bien notables. La figure 5 ci-contre reproduit les alignements d'une épreuve solaire, semblable à beaucoup d'autres; il n'y a aucune tache, et seulement deux petites facules ou plages faculaires, vers lesquelles convergent des alignements, comme à l'ordinaire. Les alignements s'annoncent donc comme un caractère permanent de la couche supérieure, et ce fait est à rapprocher de la permanence des petits flocculi brillants, reconnue par Deslandres (1898-1902) (1), au minimum précédent, aussi bien aux pôles qu'à l'équateur.

Tels sont les principaux résultats des trois dernières années; ils ne sont pas présentés comme impliquant une loi générale ou définitive. L'observation est encore trop courte et il faut attendre qu'elle soit étendue à une période undécennale.

Cette étude fournit aussi des données précieuses à la recherche du lieu précis, encore ignoré, mais admis déjà par l'un de nous, qui doit unir les taches et les filaments. Ces deux éléments noirs de couches différentes ont été présentés en 1908 comme des parties d'un même grand système, et comme unis entre eux et à la circulation générale de l'atmosphère (2). Cette idée est confirmée par les recherches actuelles. Les filaments, en effet, disparaissent comme les taches, et ils sont, depuis 1910, ainsi que les taches, plus nombreux dans l'hémisphère sud.

D'ailleurs, au moment du minimum, les deux éléments noirs, étant beaucoup moins nombreux, sont plus faciles à rapprocher. A l'appui nous présentons la figure 2 qui donne les taches et filaments d'une rotation

---

(1) Deslandres, *Comptes rendus*, 1908, p. 1016.

(2) On a donné fort justement à ces lignes noires des couches supérieures deux noms différents, puisque les unes sont temporaires et les autres permanentes. Pour la même raison, Deslandres a donné aussi deux noms différents aux plages brillantes des couches de l'atmosphère solaire. Les unes appelées *facules* ou *plages faculaires* diminuent et disparaissent avec les taches; les autres appelées *flocculi* sont permanentes.

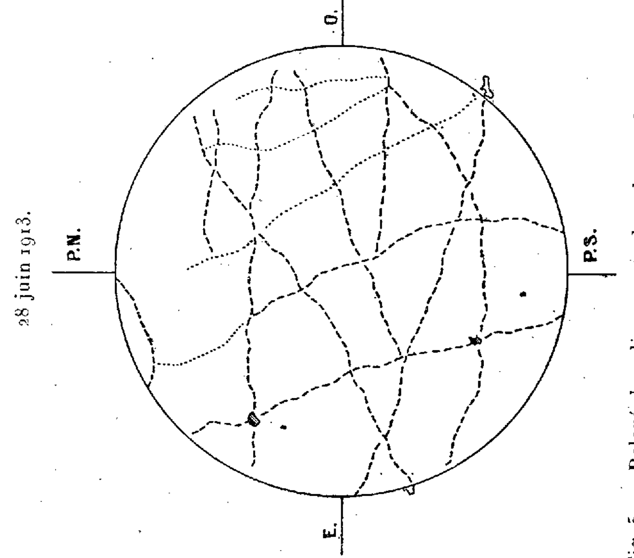


Fig. 3. — Relevé des alignements dans la couche supérieure du calcium du 28 juin 1913.

Pas de tache et pas de filaments. Il y a seulement deux très petites plages faculaires et des alignements. Les alignements les plus nets sont représentés par un trait continu et les moins nets par une ligne de points.

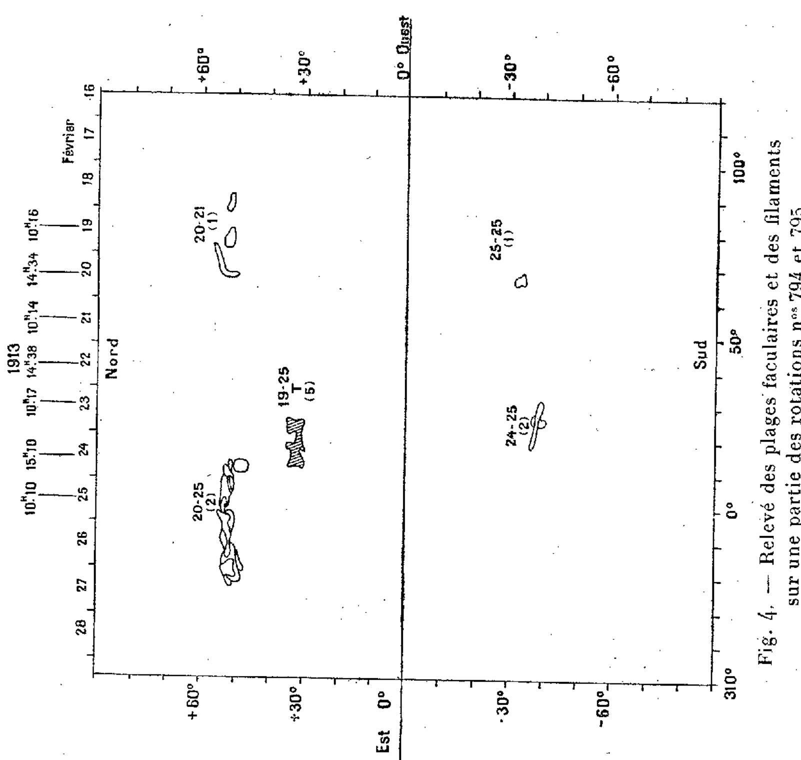


Fig. 4. — Relevé des plages faculaires et des filaments sur une partie des rotations nos 794 et 795.

entière de l'astre (n° 783 de Greenwich); elle est la première publiée qui les représente réunis pendant cet intervalle, et elle offre un modèle à adopter pour la publication future des éléments caractéristiques de la couche supérieure. La rotation de la figure 2, qui en particulier comprend l'éclipse totale de l'année dernière, a offert une seule facule ou plage faculaire, qui est équatoriale et avec tache, et plusieurs filaments polaires qui apparaissent en général plus tard, d'autant plus tard qu'ils sont plus éloignés de la tache en longitude, et, de plus, déviés vers l'Est, la longitude du filament étant plus faible. Tout se passe comme si une matière émanée de la tache ou de ses environs ressortait dans le filament à une latitude plus haute et avec un retard dans la vitesse angulaire de rotation. De même, en 1910, la diminution brusque des taches a amené dans les semaines et mois qui ont suivi une forte émission de filaments et protubérances solaires. Le retard des filaments par rapport aux taches, retard de temps et de longitude, apparaît dans ces conditions comme un caractère probable du phénomène, et il devra être expliqué par les théories aérodynamiques et électroniques qui ont été ébauchées récemment pour l'ensemble de l'atmosphère solaire (1).

Les autres rotations de l'année 1912 ont donné un résultat similaire : seule, la rotation n° 789 de la figure 3 est assez différente; les filaments apparus avec la tache ne sont plus polaires; ils sont inclinés et de latitude plus basse (2).

Enfin la figure 4 offre une tache de 1913, qui diffère des précédentes; elle est de haute latitude, et annonce le commencement prochain d'un nouveau cycle de taches; un filament apparaît dans le voisinage et avec un

(1) Il semble que les causes aérodynamiques et électroniques doivent intervenir en même temps. La vapeur, qui est supposée plus haut s'éloigner des environs de la tache vers le pôle et dans les couches basses, devrait avoir une vitesse angulaire de rotation croissante. Si l'on ajoute l'action d'un champ magnétique sur la vapeur ionisée, la vitesse angulaire de rotation peut être, au contraire, décroissante, comme l'observation l'indique. Le phénomène serait analogue à celui décrit par Deslandres dans les *Comptes rendus*, t. **152**, 1911, p. 1438, avec la figure 2 de la page 1435 à l'appui.

On peut concevoir aussi que le phénomène soit dû simplement à des causes électriques et magnétiques.

(2) Ces filaments inclinés sont beaucoup plus petits que les grands filaments inclinés des années précédentes. Ces derniers ont, en général, leur extrémité de haute latitude du côté Est ou déviée vers l'Est. Cette dernière déviation vers l'Est doit être rapprochée de la déviation générale vers l'Est du filament polaire. Dans les deux cas, la cause doit être certainement la même.

faible retard, peut-être parce que la différence de latitude avec la tache est moindre.

Les faits précédents sont curieux et dignes d'être signalés, mais, étant peu nombreux, ils ne permettent aucune conclusion ferme; une série plus longue d'observations sera nécessaire.

De plus, ces faits sont relevés seulement sur les épreuves qui donnent les formes des vapeurs; les épreuves qui relèvent les vitesses radiales, obtenues en même temps, n'ont pas été mises à contribution; et cela est regrettable, parce qu'elles sont assurément les plus utiles pour la reconnaissance des causes du phénomène comme on l'a constaté déjà maintes fois. Ces épreuves qui enregistrent les mouvements généraux et locaux des vapeurs, et donc leur circulation générale, ont l'inconvénient d'exiger des mesures extrêmement longues; et l'Observatoire, qui n'a pas un bureau de mesures comme les Observatoires du mont Wilson et de Paris, n'a pu encore les entreprendre.

ASTRONOMIE. — *Sur les nébuleuses variables, et en particulier sur la nébuleuse* GC 4473 = NGC 6760. Note de M. G. **Bigourdan**.

La question de la variabilité d'éclat de certaines nébuleuses avait attiré vivement l'attention il y a un demi-siècle environ; et à cette époque on signala de divers côtés la découverte d'un assez grand nombre de ces astres dont la lumière présenterait des fluctuations prononcées. Malheureusement il n'existe, en dehors de la photographie (¹), ni méthode, ni instrument qui permette de fixer avec quelque précision l'éclat d'une plage lumineuse de quelque étendue. En outre, des causes d'erreurs ignorées d'abord ont graduellement habitué les astronomes à montrer beaucoup de réserve avant d'affirmer la réalité de ces variations d'éclat. Ainsi, sans parler de l'influence si considérable de l'état du ciel et des conditions instrumentales, la variabilité de certaines nébuleuses peut être purement apparente et produite par le voisinage immédiat de quelque étoile réellement variable : tel fut le cas, en 1885, de la nébuleuse d'Andromède (NGC 224), dont le noyau se confondit quelque temps avec l'étoile S Andromède.

(¹) Dans le cas de nébuleuses peu étendues on pouvait faire usage d'un photomètre à coin. On pouvait également tirer parti d'un diaphragme réglé, placé devant l'objectif ou se déplaçant le long de l'axe optique de l'instrument.

Enfin il est assez difficile de concevoir le mécanisme d'une telle variation, tant dans le cas des nébuleuses résolubles ou formées d'étoiles que dans le cas des nébuleuses non résolubles ou purement gazeuses.

Une nébuleuse découverte par Hind en 1845 dans la voie lactée et dans la constellation de l'Aigle (GC 4473 = NGC 6760) [1] a été regardée comme variable; et récemment [2] M. Borrelly a annoncé qu'elle paraît passer actuellement par une période de maximum; depuis le 5 juin dernier il a pu l'apercevoir très facilement dans le chercheur de comètes de l'Observatoire de Marseille, de $0^m,165$ d'ouverture, ce qui n'était pas arrivé depuis 1867.

Cependant, depuis cette époque déjà éloignée, le même objet a été vu et *mesuré* par divers observateurs, comme le montre le Tableau suivant, qui donne les dates de la plupart des mesures publiées jusqu'à ce jour :

Dates.	Observateurs.	Dates.	Observateurs.
1861 Juillet 26...	Schönfeld	1880 Sept. 25....	Kempf
Id. 29...	Id.	1883 Juillet 8...	D'Engelhardt
Août 28....	Id.	Id. 30...	Id.
Id. 30....	Id.	Août 8.....	Id.
1862 Août 20....	D'Arrest	1884 Juin 19.....	Id.
1863 Août 20....	Schultz	Id. 20.....	Bigourdan
1864 Août 30....	Id.	Juillet 20...	Weinek
Id. 31....	Id.	Id. 20...	Gruss
1865 Juillet 26...	D'Arrest	Id. 20...	Kempf
1865 Août 1....	Vogel	Id. 23...	D'Engelhardt
Id. 26....	Id.	Id. 26...	Kempf
Id. 27....	Id.	Id. 30...	Id.
Id. 28....	Id.	Août 10....	D'Engelhardt
1866 Août 18....	Id.	1885 Juillet 8...	Id.
1875 Juillet 6...	Winnecke	Id. 13...	Id.
Id. 10...	Id.	1889 Août 22....	Bigourdan
1876 Août 14....	Lord Rosse	1891 Sept. 29....	Id.
		1895 Oct. 20.....	Id.

La plupart de ces observateurs employaient des instruments plus puissants que le chercheur de Marseille, mais l'équatorial employé par exemple par MM. Weinek et Gruss ($0^m,163$ d'ouverture) lui est tout à fait comparable.

---

(1) *Astron. Nachrichten*, t. XXIII (1846), n° 549, col. 356.

(2) *Comptes rendus*, p. 385 de ce Volume.

Il est donc important de confirmer le fait annoncé par M. Borrelly, ce qui est d'autant plus facile que la nébuleuse de Hind doit être aujourd'hui visible dans des instruments d'assez faible ouverture. On voit aussi qu'il est utile de publier les observations de cet astre avec quelque détail et de faire connaître au moins les dates des observations.

PARASITOLOGIE. — *Infections expérimentales de la souris par* Herpetomonas ctenocephali. Note de MM. A. Laveran et G. Franchini.

Les recherches de Patton (1908), celles de V. Marzocchi (1911), de Nöller et de Fantham (1912) ont montré que la puce du chat *Ctenocephalus felis* et la puce du chien *Ct. canis*, qui sont probablement de même espèce, étaient souvent parasitées par un Flagellé auquel Fantham a donné le nom d'*Herpetomonas ctenocephali*. A. Porter a constaté que l'existence de Flagellés était commune également dans le tube digestif de la puce de l'homme : *Pulex irritans*.

Sur 200 *Ctenocephalus canis*, examinés à Berlin par Nöller, 24 étaient infectés d'*Herpetomonas* (1).

Sur 68 puces de chien, examinées en Angleterre par Fantham, 3 étaient infectées (2).

Nous avons constaté à Paris que le nombre des puces de chien ou d'homme infectées variait beaucoup suivant la provenance de ces insectes. De 23 puces, capturées sur des chiens d'un chenil de l'Institut Pasteur, au mois de juillet 1913, 12 étaient infectées, alors que de 30 puces, prises sur de jeunes chiens apportés récemment dans ce chenil, aucune n'était infectée. Il est à noter que depuis 6 mois il n'y avait pas eu d'animaux atteints de leishmaniose dans le chenil d'où provenaient les puces infectées.

Nous ne décrirons pas l'*Herpetomonas ctenocephali* qui est aujourd'hui bien connu, nous rappellerons seulement qu'il se présente sous deux aspects principaux : éléments arrondis, mesurant 2^{μ} à 3^{μ} de diamètre, ou ovalaires, mesurant 2^{μ} à 4^{μ} de long, sur 1^{μ}, 50 à 3^{μ} de large, montrant, après coloration au Giemsa, comme les *Leishmania*, un noyau et un centrosome ; éléments flagellés, souvent groupés en rosaces, ayant les caractères des *Her-*

(1) W. Nöller, *Arch. f. Protistenkunde*, 17 mai 1912.

(2) H.-B. Fantham, *Brit. med. Assoc.*, Liverpool, juillet 1912; *Brit. med. Journal*, 2 novembre 1912.

petomonas et mesurant en moyenne, flagelle non compris, 10^{μ} de long sur 2^{μ} de large; la longueur du flagelle étant de 8^{μ} environ.

L'existence des éléments leishmaniformes chez les puces infectées par des *Herpetomonas* est une cause d'erreur, dans l'étude du mode de transmission du kala-azar, que Sangiorgi et Basile ne paraissent pas avoir toujours évitée.

Quatre souris blanches inoculées par nous, dans le péritoine, avec le contenu de puces du chien infectées d'*Herpetomonas* ont montré, après 2, 3 et 4 jours, des parasites dans l'exsudat péritonéal; chez deux de ces souris, l'existence des parasites a été constatée ensuite dans le sang et l'infection persistait au bout de 42 jours chez l'une, de 61 jours chez l'autre.

Une souris inoculée dans le péritoine avec l'exsudat péritonéal d'une souris infectée au moyen des puces a montré des parasites, dans le péritoine, 2 jours après l'inoculation et, dans le sang, après 3 jours, mais pendant 48 heures seulement.

Une souris inoculée, dans le péritoine, avec le sang d'une souris infectée au moyen des puces a montré, après 3 jours, des parasites dans le sang et l'infection persistait 52 jours après l'inoculation (Obs. 2 ci-après).

Enfin 4 souris, inoculées dans la veine ou dans le péritoine avec le sang d'une souris parasitée, se sont infectées.

Dans tous les cas, il s'agissait d'infections légères avec parasites rares ou très rares.

Chez les souris infectées par *H. ctenocephali*, les parasites se présentent avec les caractères suivants :

A. *Éléments sphériques ou ovalaires.* — Ce sont les formes parasitaires qu'on rencontre presque exclusivement dans l'exsudat péritonéal et dans le sang des souris. Les corps sphériques mesurent $1^{\mu},5$ à 2^{μ} de diamètre; les corps ovalaires, 2^{μ} à 3^{μ} de long sur 1^{μ} à 2^{μ} de large. Après coloration au Giemsa, le protoplasme se teinte en bleu clair; on distingue, en général, un noyau coloré en rose et un petit amas de chromatine ou centrosome, arrondi ou en bâtonnet; la plupart des parasites sont, en résumé, leishmaniformes.

Quelquefois on ne voit que le noyau proprement dit, vraisemblablement parce que le centrosome lui est accolé; d'autres fois il existe deux noyaux et un ou deux centrosomes (formes en voie de division).

Ces éléments parasitaires sont presque toujours libres. Une fois seulement nous avons vu un parasite leishmaniforme dans une cellule endothéliale du péritoine.

Dans la rate et dans le foie de souris sacrifiées 42 jours (Obs. 1 ci-dessous) et 61 jours après l'inoculation, nous avons trouvé, outre les formes arrondies ou ovalaires ordinaires, des éléments ovalaires, ou de forme irrégulière qui atteignaient parfois 7^{μ} de long sur 6^{μ} de large. Le protoplasme alvéolaire, teinté de bleu clair, montrait un karyosome principal rose, avec ou sans karyosome accessoire. Ces grands éléments étaient libres ou inclus dans des cellules du foie ou de la rate.

B. *Éléments flagellés.* — Ces éléments ont été trouvés très rarement chez les souris infectées, et seulement dans le sang. Un élément flagellé, vu dans le sang de la souris qui fait l'objet de l'observation 1, mesurait 5^{μ} de long sur $1^{\mu},5$ de large, flagelle non compris; le flagelle mince mesurait 12^{μ} de long environ, la structure était celle des *Herpetomonas*. Un flagellé plus petit a été vu dans le sang de la souris qui fait l'objet de l'observation 2.

Les parasites trouvés chez les souris inoculées ont en somme des caractères très voisins de ceux de *H. ctenocephali;* la rareté des éléments flagellés constitue la différence principale.

Nous résumons les observations de deux des souris infectées par *H. ctenocephali.*

1. Une souris blanche est inoculée le 5 juillet 1913, dans le péritoine, avec le contenu de puces du chien infectées de *H. ctenocephali.* 8 juillet, l'examen de l'exsudat péritonéal, sur frottis colorés, révèle l'existence d'éléments parasitaires (formes rondes ou ovalaires). 9 et 10 juillet, on trouve dans le sang de la souris (frottis colorés) des éléments parasitaires en petit nombre, semblables à ceux de l'exsudat péritonéal. 4 août, l'examen du sang révèle l'existence d'éléments parasitaires semblables à ceux vus précédemment (formes rondes ou ovalaires); on constate en outre, dans un frottis, la présence d'un flagellé; le corps du parasite mesure 5^{μ} de long sur $1^{\mu},5$ de large; on distingue un noyau, un centrosome et un mince flagelle qui mesure 12^{μ} de long environ. 14 août, le sang contient toujours des éléments parasitaires arrondis ou ovalaires.

La souris est sacrifiée le 16 août 1913; elle pèse 18^{g}; la rate pèse 12^{cg}; le foie est pâle. Les frottis de rate colorés montrent des éléments parasitaires arrondis ou ovalaires libres ou endocellulaires, semblables à ceux du sang ou de dimensions plus grandes; les frottis de foie contiennent aussi des parasites, mais en plus petit nombre que ceux de rate; aucun parasite n'a été vu dans la moelle osseuse.

4 souris inoculées dans la veine ou dans le péritoine, avec le sang de la souris sacrifiée le 16 août, se sont infectées.

2. Une souris blanche est inoculée le 9 juillet 1913, dans le péritoine, avec quelques gouttes du sang de la souris qui fait l'objet de l'observation précédente. 12 juillet, l'examen du sang révèle l'existence des éléments parasitaires (formes rondes ou ovalaires, petites ou moyennes). 16 juillet, examen du sang négatif. 4 août, para-

sites non rares dans le sang. 14 août, parasites non rares dans le sang (formes rondes ou ovalaires, petites et moyennes, un petit élément flagellé). A la date du 30 août, la souris est en bon état, elle a encore des parasites dans le sang. La souris est sacrifiée le 30 août, parasites rares dans les frottis de foie et de rate.

En 1912, Lafont a constaté qu'un trypanosomide de l'intestin de *Conorhinus rubrofasciatus*, inoculé à la souris, donnait lieu, chez cet animal, à une infection sanguine de courte durée (¹). Il résulte de nos recherches que *Herpetomonas ctenocephali* peut produire de même, chez la souris, des infections générales; infections assez durables, puisque trois de nos souris étaient encore infectées 36, 42 et 61 jours après l'inoculation; on est en droit de supposer que le parasite, une fois acclimaté à un nouveau milieu (souris ou autre Mammifère), se multiplierait plus activement que lors des premiers passages, et pourrait acquérir des propriétés pathogènes, ce qui ouvre de nouveaux horizons sur l'étiologie des leishmanioses.

A un autre point de vue, il est intéressant de savoir qu'on peut infecter des souris avec *H. ctenocephali*; il y aura lieu de tenir compte de ce fait nouveau dans l'appréciation des expériences de transmission du kala-azar au moyen de l'inoculation à des souris du contenu de puces du chien.

PHYSIQUE. — *Sur la vitesse du son*. Note de M. **Pierre Duhem**.

Une Note de M. Ariès, présentée à l'Académie le 15 juillet de cette année (ce Tome, p. 112), propose comme nouvelle une formule de la vitesse du son. Dans la séance du 28 juillet (ce Tome, p. 269), nous avons cru pouvoir qualifier cette formule de *légèrement inexacte* et rappeler que la formule exacte qui lui correspond avait été donnée, dès 1872, par J. Moutier.

Dans une nouvelle Note, présentée le 18 août (ce Tome, p. 386), M. Ariès « maintient que sa formule est exacte ». Pour expliquer comment elle peut l'être en même temps que la formule différente de Moutier, M. Ariès invoque cette raison : « α_p et α_v n'ont pas la même signification dans les deux formules ».

Si v_0 est le volume du fluide sous la pression p, à la température 0° C., Moutier définit α_p par la formule

$$\alpha_p = \frac{1}{v_0} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

(¹) Lafont, *Soc. de Biologie*, t. LXXII, mars 1912, p. 380, et *Ann. Inst. Pasteur*, 1912.

Si, de même, p_0 est la pression qui maintient le fluide en équilibre sous le volume v, à la température 0° C., Moutier définit α_v par la formule

$$\alpha_v = \frac{1}{p_0}\frac{\partial p}{\partial t}.$$

Ces définitions sont celles qu'admettent depuis longtemps tous les Traités de Physique, du moins à notre connaissance.

Au cours de sa démonstration, M. Ariès use d'une expression du coefficient de compressibilité isotherme qui n'est pas exacte si l'on définit ainsi les coefficients de dilatation; cette expression suppose qu'on prenne :

$$\alpha_p = \frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial t}, \qquad \alpha_v = \frac{1}{p}\frac{\partial p}{\partial t}.$$

Ces définitions avaient été proposées, je crois, par Dulong qui n'a pas été suivi.

Il en résulte que *la formule de la vitesse du son proposée par M. Ariès est exacte, à la condition d'appeler coefficients de dilatation des quantités auxquelles personne ne donne ce nom.*

Les définitions de nom étant libres, M. Ariès peut, assurément, reprendre, pour les coefficients de dilatation, les définitions de Dulong, mais à la condition d'avertir expressément son lecteur de cette dérogation à l'usage commun. Or, non seulement il ne l'a pas fait, mais encore, au sujet de la formule, il renvoie le lecteur à notre *Traité élémentaire de Mécanique chimique* où les coefficients de dilatation sont définis à la manière habituelle. Dans ces conditions, le lecteur pouvait et devait croire que M. Ariès prenait les mots : *coefficients de dilatation* au sens où les prennent tous les physiciens; alors, la formule proposée méritait la qualification d'*inexacte* que nous lui avons attribuée.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

L'expédition franco-suédoise de sondages aériens à Kiruna, 1907, 1908 *et* 1909, par H. Maurice, avec une introduction de H.-H. Hildebrandsson.

MM. **Robert Crémieu**, **Th. Nogier** et **Claudius Regaud**; M. **Albert Dejouany** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sondage de l'atmosphère solaire par les mesures de vitesses radiales dans les taches.* Note de M. **Charles Saint-John**, présentée par M. Deslandres.

Au printemps de 1909, Evershed a annoncé la découverte des déplacements des raies de Frauenhofer, dans la pénombre des taches éloignées du centre de l'astre [1]. J'ai commencé l'étude plus complète du même phénomène au mont Wilson, pendant l'été de 1910, immédiatement après un maximum secondaire. J'ai employé le spectrographe de 20 pieds attaché au tower télescope de 60 pieds ($19^{m},7$). A l'aide d'un dispositif très simple, je juxtapose sur la plaque les spectres des deux points opposés de la pénombre, situés sur la ligne qui joint les centres du Soleil et de la pénombre, ces points étant l'un du côté du centre de l'astre, et l'autre du côté du bord. Les mesures ont porté sur plus de 500 raies, d'origines très diverses, et ont donné les résultats suivants d'une importance évidente :

1° Les déplacements sont proportionnels aux longueurs d'onde. Cela montre que le phénomène est un effet Doppler-Fizeau, dû, en grande partie, à des mouvements de la vapeur, qui sont horizontaux par rapport à la surface solaire [2].

2° Si l'on range les raies noires du fer suivant leurs intensités croissantes de 0 à 10, d'après l'échelle ordinaire de Rowland, les déplacements correspondants sont au contraire décroissants, comme l'indique le Tableau ci-contre. Cette échelle des intensités et des déplacements est aussi celle des hauteurs relatives atteintes par la vapeur de fer dans l'émission de ces diverses raies, et par les autres vapeurs de même intensité.

---

(1) *Kodaïkanal Observatory*, Bulletin n° 15, et *Kodaïkanal Observatory Memoirs*, n° 1.

(2) Les déplacements sont en effet nuls lorsque la ligne des deux points juxtaposés est perpendiculaire à la ligne qui joint le centre du Soleil et le centre de la tache.

Échelle du fer. Déplacements ramenés à la longueur d'onde moyenne λ 500 et exprimés en Angström.

Intensités des raies...	00.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	10.
Déplacements........	0,034	0,030	0,028	0,025	0,023	0,021	0,019	0,016	0,012	0,009	0,004
Vitesse en km : s.....	2,04	1,80	1,68	1,50	1,38	1,26	1,14	0,96	0,72	0,54	0,24

3° Le signe des déplacements précédents, qui est positif, annonce un mouvement de la vapeur du centre de la tache vers l'extérieur, tangentiellement à la surface.

D'autre part, les raies d'une intensité supérieure à 10 ont un déplacement faible ou négatif; et dans ce dernier cas le déplacement augmente avec l'élévation dans l'atmosphère. Le signe négatif annonce un mouvement inverse, de l'extérieur vers le centre.

Déplacements des raies fortes, ramenées à λ 500 et exprimées en Angström.

Élément.	Al.	Fe.	Sr.	Ca (λ 422,7).	Na (D_1—D_2).
Intensité	15-20	15-40	20	40	20-30
Déplacement...........	0,000	0,000	—0,002	—0,002	—0,012
Vitesse par seconde.....	0,000	0,000	—0,12	—0,12	—0,72

Élément.	Mg (b_2— b_1).	H γ.	Ca (H_2— K_1).	H α.	Ca (H_3—K_3).
Intensité...............	20-30	20	»	40	»
Déplacement...........	—0,012	—0,033	—0,044	—0,050	—0,063
Vitesse en km par seconde.	—0,72	—1,98	—2,64	—3,00	—3,78

3° Si l'on explique simplement, par des différences de niveau dans l'atmosphère, la décroissance des déplacements, positifs avec les intensités croissantes pour les raies de la couche renversante, et la croissance des déplacements négatifs, pour les raies de la chromosphère plus haute, on peut avoir ainsi la distribution des divers éléments de l'atmosphère dans le sens vertical. Les hauteurs relatives de 26 éléments de la couche renversante et de la chromosphère ont été déterminées, par la comparaison de leurs éléments avec l'échelle du fer, comme il suit :

Déplacements des raies de Ti, La, Ce, *diminuées des déplacements des raies du fer de même intensité.*

Intensités.	Ti — Fe.	La — Fe.	Ce — Fe.
1	−0,0021	+0,0026	+0,0066
2	−0,0030	+0,0033	
3	−0,0020	+0,0070	+0,0074
4	−0,0041		
5	−0,0041	+0,0033	
Moyennes	−0,0026	+0,0033	+0,0070
Niveaux rapportés à celui du fer	1 unité au-dessus	1,3 unité au-dessous	2,7 unités au-dessous

4° La distribution résultante est telle que les raies H_3 et K_3 du calcium doivent être émises à un niveau plus haut que la raie H_α de l'hydrogène, et que cette raie H_α est comprise entre les niveaux des raies K_3 et K_2 du calcium, ce qui est en accord général avec les niveaux assignés aux diverses couches par Deslandres dans ses belles recherches sur l'atmosphère solaire. Les éléments lourds et rares ne sont en quantité appréciable que dans les couches les plus basses de l'atmosphère.

5° Les déplacements des raies de Frauenhofer dans la pénombre des taches solaires conduisent à une méthode qui permet de sonder l'atmosphère et de déterminer les niveaux relatifs de l'émission des différentes raies.

Cette méthode, qui s'appuie sur une interprétation très probable des déplacements, est confirmée par les résultats des éclipses, et son accord avec de nombreux phénomènes solaires; elle ouvre une voie nouvelle à de nombreuses recherches sur le Soleil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes quadratiques et hermitiens dans un champ de Galois.* Note de M. de Séguier, transmise par M. Jordan.

Considérons une forme quadratique a à n variables dans un champ de Galois $\mathfrak{S}$ d'ordre $\pi = p^\kappa$ (p premier). On peut supposer que $a = \Sigma_1^\nu x_i y_i + \psi$, $\psi = bxy + cx^2 + c'y^2$ étant, ou irréductible dans $\mathfrak{S}$, ou réduit au terme cx^2 (on peut alors se borner au cas $p \neq 2$), ou nulle. Soit $\mathcal{A} = \mathcal{A}(n, \pi)$ le groupe de substitutions à coefficients dans $\mathfrak{S}$ qui conservent a.

Les diviseurs normaux non cycliques de $\mathcal{A}$ sont déterminés par les variétés linéaires de multiplicité *maxima* ou *minima* ($=0$) de certaines quadriques $a=$ const.

1. Soit n pair $=2\nu'$. Alors la quadrique $a=0$ (les variables étant ici regardées comme homogènes) contient deux systèmes de variétés linéaires de multiplicité $\nu'-1$, et, *pour* $p \geqq 2$, $\mathcal{A}$ *a un diviseur* $\mathcal{A}^0$ *d'indice* 2 *formé des substitutions qui permutent exclusivement entre elles les variétés de chaque système* $\left(\textit{la substitution} \begin{vmatrix} x_i\, y_i \\ y_i\, x_i \end{vmatrix} \textit{permute les systèmes}\right)$. $\mathcal{A}^0$ *permute transitivement les variétés de chaque système.*

Cette définition de $\mathcal{A}^0$ ne suppose pas, on le voit, que l'équation de la quadrique ait été ramenée à une forme déterminée. Toutefois l'emploi de la forme réduite de tout à l'heure permet de définir ici les deux systèmes par la parité du rang d'une certaine matrice, parité que conserve $\mathcal{A}^0$ et qu'altère toute substitution de $\mathcal{A}$ hors de $\mathcal{A}^0$.

Si n est impair, on est ramené au cas de n pair en considérant $\mathcal{A}$ comme le diviseur fixant y dans le groupe de $a+y^2$.

Si $p>2$, $\mathcal{A}^0$ coïncide avec le diviseur de $\mathcal{A}$ formé des substitutions du déterminant 1.

Si $p=2$, donc $n=2\nu'$, $\mathcal{A}^0$ est le premier ou le second groupe hypoabélien défini autrement par M. Jordan et M. Dickson. On peut généraliser et préciser comme il suit la définition de M. Dickson. Posons $\delta=4cc'-b^2$, et représentons par $Bxy+Cx^2+C'y^2=\Psi(x,y)$, la forme 0 si $\psi=0$, la forme $\delta^{-1}\psi(y,-x)$ si $\delta\neq 0$. Soit

$$\alpha=|\,x_i,\,y_i;\;\Sigma_k(\alpha_{ik}x_k+\alpha'_{ik}y_k),\;\Sigma_k(\beta_{ik}x_i+\beta'_{ik}y_i)\,| \qquad (i,\,k=0,1,\ldots,\nu)$$

une substitution de $\mathcal{A}$, en convenant de remplacer par 0 toutes les quantités relatives à $x_0=x$ ou à $y_0=y$ (et de supprimer x_0 ou y_0) si x_0 ou y_0 ne figure pas dans a. Soit λ la substitution qu'on déduit de α en remplaçant α_{ik} par λ_{ik}, α'_{ik} par λ'_{ik}, β_{ik} par μ_{ik}, β'_{ik} par μ'_{ik}. Posons

$$I_\alpha=\Sigma_{ih}\,\alpha_{ih}\,\beta'_{ih}+b\,\Sigma_h\alpha_{0h}\,\beta'_{0h}+B\,\Sigma_i\,\alpha_{i0}\,\beta'_{i0}+Bb\,\alpha_{00}\,\beta'_{00}+Cc\,(\alpha^2_{00}+\beta^2_{00}+\alpha'^2_{00}+\beta'^2_{00})$$
$$(i,\,h=1,\ldots,\nu).$$

On a alors (dans $\mathcal{S}$*)* $I_{\lambda\alpha}=I_\alpha+I_\lambda+\nu'$, *et* $\mathcal{A}^0$ *est le diviseur de* $\mathcal{A}$ *dont les substitutions vérifient* $I=\nu'$.

2. *Soit maintenant* $p>2$, *et considérons* $\mathcal{A}^0$ *comme un groupe de permutations des points de la quadrique* $a=1$. *Alors* $\mathcal{A}^0$ *contient un diviseur*

$\mathfrak{B} = \mathfrak{B}(n, \pi)$ *d'indice 2 formé des substitutions paires de* $\mathfrak{A}^0$, *la substitution* $\begin{vmatrix} x_i & N x_i \\ y_i & N^{-1} y_i \end{vmatrix}$, *où* N *désigne un non-carré, étant impaire.*

3. Soit $\mathfrak{B}_{ik} = \mathfrak{B}_{ki}$ ce que devient $\mathfrak{B}(4, \pi)$ pour $\psi = 0$ quand on y remplace les indices 1, 2 des variables par i, k. Soit $\mathfrak{B}_{0i} = \mathfrak{B}_{i0}$ ce que devient $\mathfrak{B}(4, \pi)$ pour $\psi \neq 0$ quand on y remplace x_1, y_1 par x_i, y_i. Alors, pour $p \geqq 2$, $\mathfrak{B}(n, \pi)$ est le plus petit commun multiple des groupes $\mathfrak{B}_{12}, \mathfrak{B}_{13}, \ldots, \mathfrak{B}_{1\nu}, \mathfrak{B}_{10}$ (en supprimant $\mathfrak{B}_{10}$ si $\psi = 0$).

4. La forme réduite de a choisie ici (déjà employée d'ailleurs par M. Jordan), jointe à l'observation du n° 3, simplifie beaucoup l'étude de la structure de $\mathfrak{A}$.

De même, l'étude du groupe $H(n, \pi^2)$ de la forme $\Sigma_1^n x_i \dot{x}_i$ (en désignant d'une manière générale par $\dot{u}$ la conjuguée de u relativement à $\mathfrak{C}$ et aux racines υ, $\dot{\upsilon}$ d'un polynome du second degré irréductible dans $\mathfrak{C}$) est très simplifiée quand on le remplace par le groupe de la forme

$$(\upsilon - \dot{\upsilon}) \Sigma_1^\nu (x_i \dot{y}_i - y_i \dot{x}_i) + c x \dot{x} \qquad (c = 0 \text{ pour } n = 2\nu;\ c = 1 \text{ pour } n = 2\nu + 1).$$

En particulier on peut en donner des générateurs analogues à ceux de $\mathfrak{A}$, ne contenant explicitement qu'un paramètre variable, et établir une proposition toute semblable à celle du n° 3 pour $\mathfrak{B}$. L'homomorphisme de $\mathfrak{B}(6, \pi)$ pour $\psi \neq 0$ avec le diviseur de $H(4, \pi^2)$ formé des substitutions de déterminant 1 se démontre alors presque immédiatement par une correspondance de générateurs.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon.* Note de M. **Georges Claude** [1].

On sait que la différence de potentiel nécessaire pour entretenir la décharge dans un tube luminescent est d'autant plus élevée que le diamètre de ce tube est plus petit; la loi de cette variation n'est pas très bien connue. J'ai fait à ce sujet sur des tubes au néon quelques recherches dont on trouvera ci-après les résultats, très différents de ceux obtenus par Hertz et d'autres expérimentateurs et relatifs d'ailleurs à de tout autres circonstances.

---

[1] Contenu d'un pli cacheté ouvert dans la séance du 25 août 1913.

Mes expériences ont porté sur six tubes de diamètres différents : $5^{mm},2$, $6^{mm},8$, $9^{mm},6$, 15^{mm}, 25^{mm}, 45^{mm}, aussi cylindriques que possibles, électrodes cylindriques en cuivre de surface telle que la densité du courant y soit toujours inférieure à $0^{amp},2$ par décimètre carré. La distance entre électrodes, la même pour tous les tubes, était de 5^{m}. Avec des tubes aussi longs, la chute aux électrodes est faible, comparée à celle dans le tube et, en retranchant 350 volts de la différence de potentiel totale (¹), on peut estimer que le reste représente assez exactement la chute de potentiel le long de la colonne lumineuse.

La différence de potentiel étant fonction de la pression du gaz, il fallait, pour que mes résultats fussent comparables, que cette pression fût la même dans tous les tubes. A cet effet, j'ai branché mes six tubes en dérivation sur un gros et unique récipient à charbon et je les ai vidés et formés ensemble à l'aide du procédé que j'ai décrit dans une Note précédente (¹). Le charbon est resté plongé dans l'air liquide et en relation avec la série des six tubes pendant toutes les mesures, de sorte que la pression variait très peu dans les tubes du fait de leur allumage, ce qui n'est pas le cas quand il sont isolés. D'ailleurs la pression était mesurée dans l'ensemble à l'aide d'une jauge de Mac Leod. Elle était exactement de 2^{mm} de mercure à froid.

Les mesures s'effectuaient en faisant passer le courant alternatif (50 périodes : s) successivement dans chaque tube et notant simultanément l'intensité à l'aide d'un ampèremètre thermique et la différence de potentiel aux bornes avec un électromètre. Le courant n'étant maintenu sur chaque tube que quelques instants, de manière à ne pas risquer de le « démolir » par des gaz dégagés aux électrodes. Les différences de potentiel inscrites dans le Tableau ci-après doivent naturellement correspondre à *des densités de courant égales* dans les divers tubes, puisque ces différences de potentiel (au moins pour les gros tubes) diminuent quand le courant augmente. En admettant 1^{amp} comme courant de régime type, pour le tube de 45^{mm}, les intensités correspondantes dans les divers tubes devraient être

Tube de................	45^{mm}	25^{mm}	15^{mm}	$9^{mm},6$
Courant correspondant...	1^{amp}			

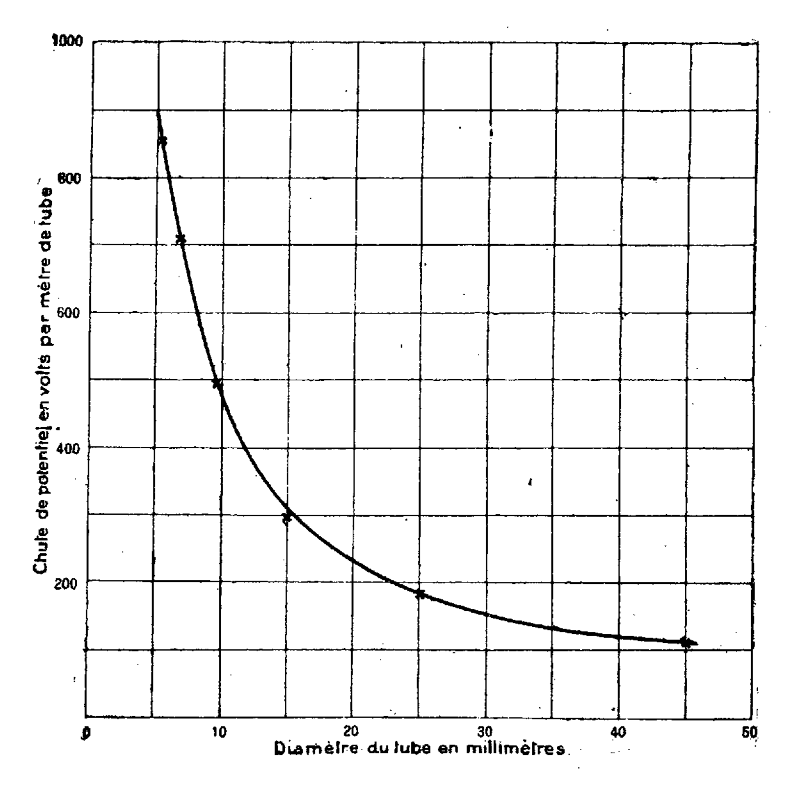
En réalité, les petits tubes ont été soumis à des densités de courant 1,5 à 2,5 fois supérieures parce que leur fonctionnement devient instable aux faibles densités, mais ceci ne paraît pas avoir grande importance, car j'ai justement constaté qu'avec ces petits tubes (10^{mm} à 5^{mm}) la différence de potentiel varie très peu avec le courant.

Les résultats ont été les suivants :

(¹) *Comptes rendus*, 12 décembre 1910.

Diamètre du tube.	Différence de potentiel aux bornes.	Chute de potentiel dans la colonne.	Chute de potentiel par mètre.
mm 45	volts 900	550	110
25	1250	900	180
15	1825	1475	295
9,6	2800	2450	490
6,8	3900	3550	710
5,2	4600	4250	850

La figure montre la courbe de la chute par mètre en fonction du dia-



mètre, tracée à l'aide de ces chiffres. Or c'est assez exactement une hyperbole ayant pour équation

$$y = \frac{4800}{x},$$

ainsi qu'en témoigne le Tableau suivant :

x.	y calc.	y vrai.
45	107	110
25	192	180
15	320	310
10	480	470
7	690	670
5	960	900

Un accident ayant amené la rupture de quelques-uns des tubes de l'ensemble précédent, on a dû en refaire d'autres et reformer tout le groupe, et j'ai recommencé une série d'essais qui ont donné les résultats suivants (pression du néon : $1^{mm},8$).

Diamètre des tubes.	Diff. de potentiel aux bornes.	Chute de potentiel dans la colonne.	Chute de potentiel par mètre de tube.
45 mm	850 mm	500 volt	100
25	1300	950	190
15	2100	1750	350
10	2600	2250	450
7,2	3800	3450	690
5,4	4800	4450	890

Les points d'expérience se placent d'une façon un peu moins satisfaisante que dans le cas précédent, mais la courbe tracée d'après eux se confond sensiblement, ici encore, avec l'hyperbole $y = \frac{4800}{x}$, et la coïncidence est encore plus satisfaisante pour la courbe moyenne construite d'après les deux précédentes.

Ainsi, sans que les mesures ci-dessus aient la précision nécessaire pour permettre d'affirmer la rigueur d'une loi qui serait vraiment curieuse, si elle se confirmait, on peut dire qu'à densité de courant égale, dans les conditions où je me suis placé, la chute de potentiel le long de la colonne est, en gros, inversement proportionnelle au diamètre. Elle doit devenir sinon nulle, du moins très faible pour des tubes de très gros diamètre.

Cette influence profonde du diamètre du tube sur la décharge est d'ailleurs corroborée par un phénomène connu. On sait en effet que, lorsque la décharge est stratifiée, la distance entre deux stries ne dépasse jamais notablement le diamètre du tube.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du poids des bras sur les modifications respiratoires au cours de la croissance.* Note (1) de M. **Paul Godin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Il ressort de ma Note précédente (ce Volume, p. 388) que l'inspiration volontaire utilise beaucoup moins le jeu du thorax après la puberté qu'avant elle.

Comment et pourquoi la puberté favorise-t-elle l'ampliation verticale du poumon, la moins avantageuse pour cet organe, au détriment de son ampliation horizontale ? Les notions acquises sur le rôle de la puberté chez l'homme (2) fournissent les éléments d'une réponse à cette question.

La puberté est l'époque où les tissus osseux, musculaire, conjonctif bénéficient de majorations notables. Parmi les effets de ces majorations sur les membres supérieurs, il faut noter l'augmentation de leur poids.

Le mode de suspension des membres supérieurs au thorax, par l'intermédiaire de la clavicule et du scapulum, fait porter le fardeau de leur pesanteur par les côtes, les supérieures surtout.

Toute augmentation de poids retentira aussitôt sur la cage thoracique et alourdira le jeu des côtes. Rien n'est plus simple que de s'en rendre compte en mesurant l'ampliation thoracique R d'un jeune sujet prépubère après avoir placé un poids relativement lourd dans chacune de ses mains. L'ampliation du thorax se montre aussitôt réduite. La suppression des poids lui rend sur le champ toute son étendue.

Le mécanisme de cette réduction est celui qui est indiqué plus haut, et que manifeste aux yeux de l'observateur l'abaissement des épaules. En cas d'inégalité des poids, l'épaule la plus basse correspond au poids le plus lourd.

Ce que provoque ainsi l'expérimentation chez l'enfant prépubère, l'alourdissement naturel des membres supérieurs le réalise après la puberté. A ce moment, l'inspiration thoracique est réduite et les épaules sont abaissées (elles descendent de 1^{cm} après la puberté). La plus basse des deux est

---

(1) Présentée dans la séance du 18 août 1913.

(2) Paul Godin, *Essai d'explication du rôle de la puberté chez l'homme* (*Société d'Anthropologie de Paris*, 19 octobre 1911) (*Comptes rendus*, 13 novembre 1911) et *La croissance pendant l'âge scolaire*, 300 pages. Neuchâtel (*Collection d'actualités pédagogiques*), Delachaux et Niestlé, éditeurs, 1913.

bien celle qui correspond au membre le plus lourd, c'est-à-dire le droit chez le droitier, le gauche chez le gaucher.

C'est alors que la fonction respiratoire fait appel à la suppléance abdomino-diaphragmatique.

Mais que le poids des bras soit supprimé, et aussitôt le thorax reprend son rôle prépondérant. C'est ce qui a lieu pendant le sommeil ainsi que l'a démontré A. Mosso.

BACTÉRIOLOGIE. — *Réaction de fixation, en présence d'antigène syphilitique, dans la syphilis, le pian, la trypanosomiase et l'ulcère phagédénique au Congo français.* Note de MM. **F. Heckenroth** et **M. Blanchard**, transmise par M. E. Roux.

Ces recherches ont été faites avec la méthode de Levaditi-Latapie employée à l'Institut Pasteur de Paris pour le séro-diagnostic de la syphilis : elle est caractérisée par l'emploi, comme antigène, de l'extrait alcoolique de foie de fœtus syphilitique et l'utilisation du complément et de l'ambocepteur antimouton normalement contenus dans la presque totalité des sérums humains. Cette simplification en fait un procédé de choix pour les laboratoires coloniaux : nous avons en effet constaté que le système hémolytique est complet dans la plupart des sérums et qu'il n'est utile de recourir au complément de cobaye et à l'ambocepteur de lapin antimouton que dans un très petit nombre de cas (3 pour 100); d'où notable économie de ces animaux, souvent difficiles à se procurer aux colonies. En outre, l'antigène à l'extrait alcoolique de foie de fœtus syphilitique se conserve fort bien dans les pays chauds, à condition de le tenir dans des récipients hermétiquement clos et à l'abri de la lumière; la conservation à la glacière est inutile. Il est enfin facile de faire les diverses séries de réactions à une température sensiblement la même, de façon à éviter l'influence des variations thermiques sur le coefficient de dilatation de l'extrait alcoolique constituant l'antigène, dilatation notable d'après Nielsen-Geyer [1].

I. *Syphilis.* — La syphilis est extrêmement répandue à Brazzaville, aussi bien chez l'Européen que chez l'indigène. Le plus souvent les signes cliniques suffisent pour affirmer le diagnostic, mais nous avons vu des cas de

[1] Nielsen-Geyer, *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXII, 1912, p. 546.

chancres cutanés et extra-génitaux tout à fait atypiques; chez les noirs surtout, l'accident primaire est rapidement modifié dans son aspect habituel par des infections surajoutées très intenses et les lésions secondaires passent très facilement inaperçues. Aussi une séro-réaction positive est souvent indispensable pour préciser la nature spécifique de ces lésions.

Nous avons fait 64 réactions, dont 49 pour des Européens, les autres pour des indigènes, atteints d'accidents très divers, mais la plupart cliniquement suspects de syphilis. Les résultats ont toujours été parfaitement vérifiés par l'évolution ultérieure des lésions et l'action du traitement. Ici donc, comme à l'Institut Pasteur de Paris, la réaction de fixation par la méthode de Levaditi-Latapie s'est montrée spécifique de la syphilis pour les Européens et les indigènes, exception faite des individus atteints de pian et de certains cas de trypanosomiase que nous rapportons plus loin.

La séro-réaction est en outre un contrôle très utile dans les applications du 606 qui se font journellement à l'Institut Pasteur de Brazzaville; nous avons observé trois cas de réaction négative persistante, après des injections de 0,90 de salvarsan en trois fois à 8 jours d'intervalle : il s'agissait de malades traités presque au début de leur infection.

II. *Pian.* — La réaction de fixation n'a pu être faite que dans cinq cas : dans quatre, il s'agissait de lésions de pian au début et, dans le dernier, de lésions en cicatrisation spontanée. Tous ces sérums ont fourni un résultat positif.

Nous ne pouvons tirer des conclusions définitives d'un aussi petit nombre d'examens. Il est cependant probable que le sérum des pianiques du Congo se comporte vis-à-vis de la réaction de fixation comme celui des pianiques des Indes. Schüffner (¹) a, en effet, constaté que cette réaction est positive dans tous les cas de pian récent, dans 85 pour 100 des cas chroniques et dans 58 pour 100 des cas de pian latent.

Nous avons actuellement en cours d'autres essais pour préciser l'influence de l'âge de la maladie sur le résultat de la réaction et la durée de la persistance d'anticorps pianiques dans le sérum de malades depuis longtemps guéris. Il va sans dire qu'au cours de ces examens la syphilis et la trypanosomiase sont soigneusement éliminées.

III. *Trypanosomiase.* — En 1907, Landsteiner, Müller et Pœtzl (²)

(¹) *Tijdschr. v. Nederl. Indië. Festbundel*, 1911, p. 350.

(²) *Wiener klin. Woch.*, 1907, n° 46, p. 142.

avaient montré que le sérum des lapins infectés par le trypanosome de la Dourine se comporte vis-à-vis de la réaction de fixation comme le sérum des syphilitiques. Landsteiner en arriva à considérer cette réaction comme pathognomonique, non seulement de la syphilis, mais aussi d'autres maladies à trypanosomes et à spirochètes.

Peu après, Levaditi et Yamanouchi (1) constatèrent que les sérums de quatre malades du sommeil, soignés à l'Institut Pasteur de Paris, ne donnaient pas de réactions positives bien nettes. Il s'agissait de sujets ne présentant pas, au moment de l'examen, des phénomènes d'une infection trypanosomique intense. Avant de conclure, ajoutent-ils, il faudrait examiner le sérum d'individus gravement atteints de la maladie du sommeil et porteurs de trypanosomes, car il est possible que, comme dans la syphilis, le traitement ait pu faire disparaître les substances qui donnent la réaction positive.

L. Martin et Darré, dans un travail sur la trypanosomiase humaine, signalent que le sérum des trypanosomés donne un résultat positif avec la réaction de Wassermann.

Nous avons fait la réaction de fixation avec le sérum de 73 trypanosomés, dont 4 étaient en outre atteints de lésions nettes de syphilis héréditaire ou acquise. Déduction faite de ces cas, nous avons noté : 15 réactions positives sur 27 malades en bon état, soit 55 pour 100; 27 réactions positives sur 41 malades en mauvais état, soit 65 pour 100; enfin une réaction négative avec le sérum d'un malade pouvant être considéré comme guéri.

Il n'est donc pas douteux que l'antigène syphilitique peut fixer le complément avec l'ambocepteur trypanosomique, dans plus de la moitié des cas, quel que soit l'état des malades. C'est là une cause d'erreur qu'il faut éliminer dans les pays où la trypanosomiase est endémique, avant de conclure à la syphilis avec une séro-réaction positive.

Il n'a pas été possible de préciser pourquoi certains trypanosomés seulement ont un sérum fixant le complément; on a, en effet, indifféremment des réactions positives ou négatives avec le sérum de malades infectés depuis le même temps, dans le même état d'infection sanguine et traités de façon identique.

IV. *Ulcères phagédéniques*. — On sait combien il est difficile de préciser d'après l'aspect clinique, la nature des multiples érosions et ulcérations

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 31 déc. 1907, et *Soc. Path. exot.*, 1908, p. 26.

dont le tégument des noirs est si fréquemment atteint : les lésions des ectoparasites déterminant du grattage, les plaies quelconques mal soignées ou évoluant sur un terrain de misère physiologique, les ulcères spécifiques secondairement infectés ne tardent pas à revêtir un aspect clinique identique auquel on donne le nom d'ulcération ou d'ulcère *phagédénique*. La séro-réaction est dans tous ces cas d'un précieux secours.

Nous avons examiné le sérum de 13 malades porteurs d'ulcères et constaté 6 résultats positifs. Aucun de ces indigènes n'était trypanosomé et n'avait eu d'atteinte de pian, au moins depuis le temps où pouvait remonter son souvenir. Seules, les lésions des malades à réaction positive ont été favorablement influencées par le traitement mercuriel ou le 606.

La séance est levée à 3 heures trois quarts.

Ph. v. T.

ERRATA.

(Séance du 11 août 1913.)

Note de M. *H. Giran*, Sur le poids moléculaire de l'anhydride sulfurique :

Page 375, ligne 13, *au lieu de* $\frac{L+S}{T}$; *lire* $\frac{L+S}{T} = 30$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. LE GÉNÉRAL BASSOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Expériences sur les hydrates cuivriques et la chaleur de formation du nitrate de cuivre; comparaison avec le nitrate d'uranyle.* Note [1] de M. **de Forcrand.**

J'ai déjà signalé quelques analogies entre les oxydes de cuivre et d'uranyle et entre les nitrates correspondants. Il est cependant difficile de préciser davantage avec les données connues, lesquelles ne sont pas très concordantes en ce qui concerne la polymérisation et l'hydratation de l'oxyde cuivrique.

J'ai cherché à reprendre cette question en adoptant comme point de départ l'hydrate bleu de ciel (de Péligot), lequel a du moins l'avantage d'avoir une composition bien constante et une certaine stabilité. Sa formule est exactement $CuO.H^2O$.

En réalité, la stabilité de cet hydrate est surprenante; même dans le vide sulfurique ou phosphorique, à 30°, après plusieurs semaines, je n'ai pu constater aucune perte de poids certaine; et il en est de même à 80°, à l'étuve, au bout de plusieurs heures.

Cependant, si l'on porte l'hydrate de Péligot à la température de 85°, on le voit, en quelques instants, changer de coloration et devenir d'un *beau vert.*

Cette transformation se fait sans changement de poids; mais dès qu'elle

---

(1) Reçue dans la séance du 1er septembre 1913.

s'est produite la déshydratation commence et se poursuit progressivement. A 125°, dans un courant d'air sec, l'hydrate vert donne un oxyde noir contenant moins de 1 pour 100 d'eau, en moins d'une heure ([1]).

Cependant cette déshydratation ne paraît pas être un phénomène simple. Lorsqu'on la ralentit en chauffant seulement à 100°, on peut en saisir différentes phases : la coloration devient vert olive pour la composition $CuO + 0,8 H^2O$ environ, puis franchement brune pour une composition voisine de $CuO + 0,35 H^2O$. On tend probablement vers l'hydrate brun tétracuivrique, à $0,25 H^2O$, obtenu par M. Sabatier ([2]),

$$OH - Cu - O - Cu - O - Cu - O - Cu - OH,$$

analogue lui-même à certains hydrates d'oxyde de zinc condensés que j'ai fait connaître plus récemment ([3]).

La déshydratation est d'ailleurs beaucoup plus rapide si l'on chauffe tout de suite l'hydrate vert à 140°-150°; on obtient alors un oxyde noir presque anhydre, en quelques instants.

J'ai dissous séparément ces différents oxydes dans la quantité d'acide azotique étendu nécessaire pour former le nitrate neutre, et j'ai obtenu, entre 18° et 20° :

		Cal	Différences. Cal	Cal
Hydrate bleu de Péligot...	$CuO.H^2O$	+14,721		
			+0,261	
Hydrate vert............	$CuO.H^2O$	+14,460		
			−0,391	
Hydrate olive...........	$CuO + 0,80 H^2O$	+14,851		−1,921
			−0,907	
Hydrate brun...........	$CuO + 0,35 H^2O$	+15,758		
			−0,623	
Oxyde noir presque anhydre préparé à 140°-150°....	CuO	+16,381		

Ainsi le changement isomérique de l'hydrate bleu en hydrate vert est exothermique (non réversible) et correspond à $+ 0^{Cal},261$.

Si l'on rapproche ce fait des expériences de M. Sabatier et de M. Joannis, qui ont trouvé $+16^{Cal},200$ pour la dissolution d'un oxyde anhydre préparé à 440° et seulement $+ 14^{Cal},200$ pour un oxyde obtenu au rouge, on voit qu'il se produit encore un changement isomérique exothermique entre 140°

([1]) Ainsi l'hydrate bleu de Péligot est un corps anormal, hors d'équilibre (un *métastable*), qui ne se dissocie pas; ce n'est qu'après la transformation en hydrate vert que l'hydrate $CuO.H^2O$ s'effleurit normalement.

([2]) *Comptes rendus*, t. 125, 1897, p. 101 et 301.

([3]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXVII, 1902.

et 440°, correspondant à $+0^{\text{Cal}},181$, puis un autre, plus important et du même signe, entre 440° et la température du rouge (2^{Cal}).

Ainsi à 85° d'abord, puis de 150° au rouge nous assistons, à partir de l'hydrate bleu, à une série de modifications exothermiques (irréversibles), polymérisations sans doute, dont l'importance est faible d'abord au point de vue thermochimique, puis augmente notablement au delà de 440°.

Par suite, il est fort probable que de 85° à 140°, à partir de l'hydrate vert, il doit se produire des modifications analogues et de même signe. Elles ont pour effet de diminuer en fait la valeur de la chaleur d'hydratation que nous trouvons. Celle-ci, au lieu d'être de $1^{\text{Cal}},921$, serait supérieure à ce nombre de quelques dixièmes de Calorie sans doute si l'on pouvait éliminer le phénomène de polymérisation progressive.

Quoi qu'il en soit, et bien que le nombre $1^{\text{Cal}},921$ soit faible et que, rapporté à 1^{mol} d'eau solide, il se réduise à $+0^{\text{Cal}},49$, il reste cependant positif et correspond à un hydrate devant bouillir à près de 120°, ce qui est conforme à l'expérience.

La chaleur d'hydratation de CuO n'apparaîtrait négative que si l'on comparait l'hydrate vert à un oxyde anhydre préparé *au rouge*, ce qui n'est assurément pas correct à cause du changement de polymérisation important qui se produit entre 150° et la température du rouge.

Les résultats qui précèdent permettent de calculer, à partir des éléments, la chaleur de formation du nitrate de cuivre anhydre, si l'on utilise en même temps le nombre trouvé par MM. Guntz et Martin [1] pour la chaleur de dissolution du sel anhydre, soit $+10^{\text{Cal}},47$.

On obtient ainsi :

$$\text{Cu sol.} + N^2 \text{gaz} + O^6 \text{gaz} = N^2O^6\text{Cu sol.} + 71^{\text{Cal}},49$$

et pour l'état dissous on aurait $+81^{\text{Cal}},96$.

Ces deux nombres sont assez voisins de ceux fournis par le nitrate d'uranyle (à partir de UO^2), soit $+67^{\text{Cal}},25$ et $+86^{\text{Cal}},25$. La moyenne est la même pour les deux métaux.

L'analogie est encore plus frappante si l'on compare simplement les chaleurs de dissolution dans l'acide azotique des deux monohydrates d'oxyde :

		Cal
$UO^3.H^2O$		$+14,84$
$CuO.H^2O$	bleu	$+14,72$
	vert	$+14,46$.

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. V, 1909, p. 1004.

Cependant M. Mailhe, en dissolvant l'oxyde bleu de Péligot dans une dissolution d'azotate d'uranyle ([1]), puis filtrant aussitôt, a obtenu dans la liqueur un dépôt d'acide uranique : ce fait paraît contraire aux résultats qui précèdent, mais en réalité le dépôt qu'on obtient est formé par le dihydrate $UO^3 . 2H^2O$.

C'est la chaleur de formation de ce dihydrate, à partir de l'acide uranique

$$UO^3H^2O \text{ sol.} + H^2O \text{ liq.} = UO^3 . 2H^2O \text{ sol.} + 2^{Cal},471$$

qui provoque la réaction de substitution du CuO à UO^3.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Une brochure intitulée : Henri Poincaré (29 *avril* 1854-17 *juillet* 1912). *A l'occasion du premier anniversaire de sa mort :* 17 *juillet* 1913. (Adressée par M. G.-B. Guccia.)

MM. **Victor Babes**, **Louis Lapicque** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Metcalf* (1913 *b*), *faites à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. Guillaume**.

Dates. 1913.	Temps moyen de Lyon.	Δα.	Δδ.	Nombre de comp.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Sept. 3.....	11. 4.35	»	−10.10,3	5:	»	»	57.19.40,7	−0,843	*a*
» 3.....	11. 5.21	− 0.53,01	»	: 8	6.48.27,91	−9,717	»	»	*a*
» 5.....	10.39.47	+ 1.51,14	− 0.15,5	8:12	6.45.32,33	−9,229	58.30.46,7	−0,852	*c*
» 6.....	9.45.38	+ 0. 8,62	− 3.39,8	10:10	6.43 51,59	−9,612	59. 7.27,2	−0,890	*d*

([1]) Thèse de doctorat ès sciences, Toulouse, 1902, p. 60.

Position des étoiles de comparaison.

★	α moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a	6.49.18,32	+ 2,60	57.29.54,1	− 3,1	rapportée à *b*
b	6.49.47,15	»	57.40.28,0	»	A.G. Helsing.-Gotha, 4796
c	6.43.38,42	+ 2,77	58.31. 5,6	+ 3,4	id. , 4738
d	6.43.40,13	+ 2,84	59.11.10,6	− 3,6	id. , 4737

Remarques. — Le 3, nuages gênent, puis arrêtent; la comète est granuleuse, bords diffus; éclat 10ᵉ grandeur. Le 4, nuages gênent, puis arrêtent; l'éclat de la comète est d'environ 11ᵉ grandeur. Le 5, l'éclat de la comète a encore diminué (11ᵉ,5 grandeur); elle montre une condensation sensiblement circulaire avec un petit noyau de 12ᵉ-13ᵉ grandeur que l'on ne saisit que par instants; le diamètre de la nébulosité, dont les bords sont très diffus, est de moins de 1′. A $11^h54^m8^s$ de temps moyen local, la comète était en plein sur l'étoile de comparaison (*d*), mais j'estime que le noyau a passé très peu à l'ouest de l'étoile.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Metcalf* (1913 *b*), *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de M. **A. Schaumasse**, présentée par M. Bassot.

Dates. 1913.	Temps moyen de Nice.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Sept. 3......	11.25. 2	−3. 7,78	+5.39,3	15:10	6.48.26,92	$\bar{1},793_n$	+57.20. 1,0	0,822	1
3......	15.41. 1	+3. 6,00	−0.44,3	18:12	6.48.12,95	$\bar{1},854_n$	+57.26. 9,2	9,963	2
4......	15.10.50	−0.20,90	+1.22,5	18:12	6.46.49,58	$\bar{1},881_n$	+58. 0.40,4	0,145	3
5......	10.51.19	+1.50,59	−0.13,6	18:12	6.45.31,78	$\bar{1},764_n$	+58.30.48,6	0,844	4
6......	10.39. 8	+0. 5,45	−2.26,4	17:12	6.43.48,42	$\bar{1},765_n$	+59. 8.40,5	0,849	5

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1........	8,9	6.51.32,09	+2,61	+57.14.24,7	− 3,0	A.G., Hels.-Gotha, 4819
2........	9,1	6.45. 4,32	+2,63	+57.26.56,4	− 2,9	A.G., » 4753
3........	9,1	6.47. 7,79	+2,69	+57.59.21,2	− 3,3	A.G., » 4568
4........	8,2	6.43.38,42	+2,77	+58.31. 5,6	− 3,4	A.G., » 4738
5........	8,9	6.43.40,13	+2,84	+59.11.10,5	− 3,6	A.G., » 4737

Remarques. — Sept. 3. — La comète, de grandeur 10, a la forme d'une nébulosité

arrondie, de 2′ environ de diamètre, présentant vers son milieu une condensation diffuse, mal définie, qui ressort faiblement sur l'ensemble.

Sept. 4. — La comète présente le même aspect que le 3, ciel très nuageux.

Sept. 6. — Ciel très brumeux, la comète est faible.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur les courbes terminales des spiraux. Influence des termes du second ordre.* Note de M. **M. Moulin.**

I. Les courbes terminales employées pour les spiraux des chronomètres sont calculées de manière à satisfaire aux conditions que Phillips a établies en admettant que la longueur l de la courbe est assez petite par rapport à la longueur L du spiral pour qu'on puisse négliger les termes en $\frac{\alpha^2 l^2}{L^2}$ devant l'unité; α étant l'angle dont a tourné le balancier à partir de sa position d'équilibre. Or, dans le cas du spiral plat, ces termes ne sont pas tout à fait négligeables, et ils ont pour effet de produire une excentration du spiral proportionnelle à α^2, indépendante du sens de la rotation du balancier.

II. Il est d'ailleurs facile de calculer cette excentration. Il suffit, pour cela, d'écrire que les coordonnées (ξ_c et η_c) du centre de courbure à l'extrémité de la courbe terminale sont respectivement égales, après une rotation α, à $q_x\alpha^2$ et $q_y\alpha^2$, et de conserver, dans les développements en série des équations de Phillips, les termes en α^2. Le calcul, qui ne présente aucune difficulté spéciale, est trop long pour pouvoir être reproduit ici; j'en indiquerai simplement le résultat. En identifiant les termes en α^2, on trouve

$$q_x = \frac{\int_0^l xs\,ds - R^2 l}{L^2}, \qquad q_y = \frac{\int_0^l ys\,ds - R^3}{L^2},$$

s étant la longueur entre le point d'encastrement A du spiral et un point variable M (à l'extrémité C de la courbe, $s = l$).

III. Les courbes terminales habituellement employées, et qui satisfont aux seules conditions de Phillips, conduisent à des valeurs de q_x et de q_y qui ne sont pas tout à fait négligeables. L'excentration qui en résulte peut avoir une certaine influence sur l'isochronisme, si le centrage du spiral à la virole n'est pas parfait ou si la courbe au centre est inexacte.

Mais c'est surtout sur la marche dans les positions verticales que cette excentration agit d'une manière notable. Supposons, en effet, que le spiral se jette vers le bas pendant le mouvement du balancier. Cet abaissement du centre de gravité du spiral correspond à une diminution d'énergie potentielle (W) proportionnelle à $q\alpha^2$, de sorte qu'un couple $\frac{\partial W}{\partial \alpha}$, proportionnel à $q\alpha$, se superpose au couple de réaction élastique du spiral. Il en résulte une avance du chronomètre, et cette avance est indépendante de l'amplitude.

On observera un retard égal pour la position de la montre symétrique de la précédente et, dans les positions intermédiaires, l'influence de l'excentration sera nulle.

Avec les courbes usuelles, on peut avoir un écart de quelques secondes par jour entre les deux positions verticales symétriques envisagées cidessus.

IV. Bien entendu, cette cause n'est pas la seule qui influence les marches dans les positions verticales, et les régleurs arrivent à corriger l'écart signalé plus haut en introduisant un autre défaut agissant en sens inverse. Malheureusement, la majorité des défauts qui peuvent exister ont une influence variable avec l'amplitude, de sorte que l'égalité des marches dans les positions verticales ne se conservera pas avec le temps, l'amplitude diminuant progressivement par suite de l'épaississement des huiles.

V. Pour éviter ces écarts de marche dans les positions, il est nécessaire (¹) d'employer des courbes terminales telles que q_x et q_y soient nuls, c'est-à-dire qui satisfassent non seulement aux conditions

$$\int_0^l x\,ds = l x_g = R^2 \quad \text{et} \quad \int_0^l y\,ds = l y_g = -3aR \quad \text{(courbe extérieure)},$$

que j'ai données dans ma Note du 16 juin, mais aussi aux conditions

$$\int_0^l xs\,ds = R^2 l \quad \text{et} \quad \int_0^l ys\,ds = R^3.$$

VI. Dans certains cas, il est également intéressant de savoir comment

(¹) Mais non suffisant. Bien d'autres conditions doivent être satisfaites pour que le réglage aux positions soit obtenu.

se déplace le centre du spiral quand, par suite d'une mauvaise réalisation de la courbe terminale, le centre de gravité n'occupe pas la position que lui assigne la théorie de Phillips et qui assure le développement concentrique du spiral (au premier ordre). En appelant $k_x\alpha$ et $k_y\alpha$ les déplacements du centre de courbure en C, suivant les axes X et Y respectivement, Δx_g et Δy_g les écarts suivant les mêmes axes, du centre de gravité de la courbe terminale à partir de la position qu'il devrait occuper théoriquement, on trouve, par une méthode analogue à celle que j'ai indiquée en II :

$$k_x = \frac{l}{L}\Delta y_g \qquad \text{et} \qquad k_y = \frac{l}{L}\Delta x_g.$$

On voit que le centre de courbure en C (ou, ce qui revient au même, le centre de la spire la plus voisine de la courbe terminale) se déplace de part et d'autre de sa position initiale, dans une direction perpendiculaire à la direction suivant laquelle le centre de gravité de la courbe terminale a été déplacé.

On retrouve ainsi, théoriquement, les règles empiriques admises par les régleurs pour la correction pratique des courbes terminales.

CHIMIE. — *Sur le mécanisme de la formation de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb.* Note de MM. **E. Briner** et **A. Kuhne**, transmise par M. G. Lemoine.

Il existe, comme on sait, plusieurs théories de la formation de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb, basées sur l'intervention de composés intermédiaires azotosulfoniques, certains de ces derniers plus ou moins hypothétiques. Ces théories, dont les auteurs ont beaucoup discuté sans pouvoir se mettre d'accord, se distinguent toutes par un caractère d'extrême complexité. Ainsi le processus proposé par Trautz (1) et destiné à combiner les théories de Lunge et de Raschig, qui sont les plus connues, ne comporte pas moins de 9 étapes intermédiaires et fait intervenir les composés suivants : NO, NO^2, H^2O, SO^2, HNO^2, H^2SO^3, $HNSO^5$, $H^2NS^2O^7$, $HNSO^5$, H^2SO^4 (2).

Une telle complexité, par le fait qu'elle ne repose pas sur des bases

(1) *Zeits. phys. Chem.*, t. XLVII, p. 608.

(2) Raschig suppose en outre la formation d'un autre azotosulfonique de formule H^2NSO^5.

expérimentales bien établies, n'est pas sans présenter quelque chose d'artificiel. Aussi certains chimistes ont-ils actuellement une tendance à revenir à des interprétations plus simples ([1]).

Nous inspirant d'une idée semblable et considérant en outre que l'acide sulfurique H^2SO^4 se forme surtout dans les espaces immenses réservés au mélange gazeux dans les chambres de plomb, nous avons cherché à expliquer le mécanisme de la formation de ce corps en faisant agir les composés seuls dont l'existence à l'état gazeux est certaine. On élimine ainsi les azotosulfoniques et, de plus, N^2O^3, HNO^2, H^2SO^3 et il ne reste qu'à envisager SO^2, SO^3, NO, NO^2, H^2O et H^2SO^4. En tenant compte du rôle joué par les corps à l'état atomique, tel qu'il a été mis en évidence dans de précédentes Notes ([2]), il nous paraît rationnel d'attribuer, dans la production de H^2SO^4, une part importante à l'oxygène atomique mis en liberté par la dissociation de NO^2 en NO et O : les atomes O se fixant directement sur SO^2, pour lequel ils ont une affinité incomparablement plus grande que les molécules O^2 et se trouvant continuellement régénérés par de nouvelles dissociations de NO^2. L'anhydride SO^3, ainsi formé, donne avec H^2O l'acide H^2SO^4, qui, à cause de sa faible tension de vapeur aux températures de 40°-60° qui règnent dans les chambres, se condense rapidement et disparaît de la phase gazeuse.

A l'appui de cette manière de voir, nous citerons les résultats obtenus dans deux séries d'expériences :

Dans la première, nous avons fait arriver les gaz anhydride sulfureux et peroxyde d'azote purs et secs dans le bas d'une ampoule de forme allongée, dont la moitié inférieure était immergée dans un bain maintenu à la température de 60° environ. A cette température, il ne s'est rien condensé. Par contre, dans la partie supérieure de l'ampoule, qui se trouve à des températures plus basses, nous avons constaté le dépôt sur les parois de petites taches blanches qui sont de l'anhydride SO^3 pur; car, traitées par l'eau, elles donnent uniquement H^2SO^4 (pas de réaction avec la diphénylamine). Le peroxyde d'azote paraît donc bien capable d'oxyder SO^2 directement en SO^3. L'addition d'eau, faite dans les chambres, doit évidemment accélérer fortement cette oxydation en éliminant SO^3 sous forme de H^2SO^4 au fur et à mesure de sa production.

La deuxième série d'expériences avait pour but de mettre en évidence les propriétés oxydantes directes du peroxyde d'azote dans un autre cas, où des composés intermé-

---

([1]) Reynolds et Taylor (*Soc. Chem. Ind.*, 1912, p. 367) concluent même de leurs recherches au retour à l'ancienne théorie comportant l'oxydation directe de H^2SO^3 par NO^2 suivie de la réoxydation de NO par l'oxygène de l'air.

([2]) *Comptes rendus*, t. 155, [illegible], p. 1149; t. 157, 1913, p. 281.

diaires sont moins probables. Elles ont consisté à faire circuler lentement, dans un grand flacon de verre, un mélange de gaz peroxyde d'azote et oxyde de carbone. Dans ces conditions, la majeure partie de l'oxyde de carbone a été oxydée en acide carbonique.

Dans les chambres de plomb, la formation de H^2SO^4 en phase gazeuse résulte-t-elle uniquement de l'oxydation directe de SO^2 par le peroxyde ou s'opère-t-elle aussi simultanément par l'intermédiaire de composés azotosulfoniques? Nous ne saurions guère nous montrer exclusifs à cet égard, puisque certains de ces azotosulfoniques ont été décelés par les phases condensées; il convient toutefois de faire remarquer que leur formation dans ces phases est toujours liée à une marche anormale des réactions (excès ou manque d'eau).

BOTANIQUE. — *Modifications morphologiques et anomalies florales consécutives à la suppression de l'albumen chez quelques plantes.* Note de M. **J.-A. Urbain**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que, tout en ayant une action favorisante incontestable, l'albumen n'est pas indispensable au développement de l'embryon.

Depuis, j'ai suivi le développement de plantules privées expérimentalement de leur albumen et j'ai constaté que presque toujours cette suppression de l'albumen provoquait des cas très nets de nanisme ainsi que des modifications morphologiques importantes intéressant plus spécialement la feuille et la fleur.

J'exposerai ici, à titre d'exemples, mes premières observations sur le Ricin, la Nigelle et le Pavot :

1° Ricin (*Ricinus communis*). — Dès le premier jour de la germination, je prive cinq graines de leur albumen et je répète la même opération le lendemain sur cinq nouveaux échantillons. J'obtiens ainsi dix embryons exalbuminés qui sont laissés en serre à 25° jusqu'au douzième jour de l'expérience, puis sont mis en pots ainsi que cinq témoins normaux. On constate à ce moment une difficulté d'acclimatement telle que quatre des plantules opérées ne tardent pas à mourir. Au bout du trente-cinquième jour (1er juillet) les six plantules restantes ainsi que les cinq témoins sont disposés en pleine terre.

---

(1) Marcel Dubard et J.-A. Urbain, *De l'influence de l'albumen sur le développement de l'embryon* (*Comptes rendus*, 7 avril 1913).

Le 20 juillet, alors que les témoins ont évolué normalement, présentent un appareil foliaire très développé et atteignent une taille de 1^m environ, les plantules exalbuminées ne dépassent guère une vingtaine de centimètres et ne portent que quatre feuilles quadrilobées, alors que les digitations des témoins sont au nombre de neuf.

On note, en outre, chez trois d'entre elles, à l'aisselle de la quatrième feuille, l'apparition d'une grappe florale comprenant six fleurs femelles et douze fleurs mâles. Les fleurs femelles sont normales. Par contre, on remarque sur trois fleurs mâles la transformation incomplète d'étamines en sacs clos comparables à des ovaires surmontés par deux stigmates rougeâtres. Dans chacun de ces cas, deux fleurs femelles ont été fécondées et sont à l'heure actuelle en voie de fructification.

Puis, après cette floraison hâtive, les jeunes plants reprennent leur végétation (qui reste cependant fortement entravée) et donnent ensuite des fleurs normales à la même époque que les témoins, c'est-à-dire vers le 8 août. A cette date la taille des témoins est de 2^m et celle des plants exalbuminés ne dépasse guère 50^{cm}.

2° Nigelle (*Nigella hispanica*). — Le deuxième et le troisième jour de la germination on prive dix embryons de leur albumen. Les vingt plantules ainsi obtenues sont laissées en serre à 25° durant 10 jours; pendant cette période, huit d'entre elles meurent. Les douze qui survivent sont ensuite mises en pleine terre (le 10 juin) en même temps que dix témoins. On note bientôt un retard considérable dans le développement des embryons opérés, et le 15 juillet, alors que les témoins ont 60^{cm} de hauteur, ceux-ci ont donné des individus environ dix fois plus petits, portant des feuilles réduites, divisées en fines lanières et presque sessiles, au total fort différentes de celles des témoins assez longuement pétiolées et formées de lobes beaucoup plus larges.

En outre, chez tous les plants exalbuminés, on note l'apparition à cette date d'un unique bourgeon floral terminal qui s'est épanoui le 20 juillet, en donnant une fleur entourée de cinq sépales verdâtres dont l'un est de taille réduite et a même avorté chez deux individus. La fleur *unique* est *terminale* et son apparition marque la limite de la vie végétative.

Quant aux témoins, ils n'ont fleuri que vers le 1er août en donnant de nombreuses fleurs ayant un calice des plus réguliers, d'un violet vif et à cinq sépales.

3° Pavot (*Papaver somniferum*). — On part encore ici de vingt embryons qui sont privés de leur albumen le premier ou deuxième jour de la germination, puis laissés ensuite 10 jours en serre à 20°. Durant cette période treize d'entre eux meurent. Les sept plantules vivantes sont alors mises en pleine terre ainsi que cinq témoins (1er juin).

Le 15 juillet, les témoins atteignent 1^m de hauteur, tandis que les plants exalbuminés n'ont que $0^m,35$. Les feuilles de ceux-ci sont peu nombreuses (trois à cinq), peu embrassantes et à peine denticulées; celles des témoins sont au contraire nombreuses, fortement embrassantes et largement dentées.

En outre, à cette date, tous les plants nains présentent un bourgeon floral terminal et unique qui s'épanouit trois jours après. La fleur qui en résulte était normale chez cinq d'entre eux, tandis que chez les deux autres l'ovaire était formé par le grou-

pement de carpelles restés plus ou moins distincts et dont l'ensemble formait une masse mamelonnée conique. A part ces deux cas frappés de stérilité, la fructification a été normale et, comme chez la Nigelle, a marqué la fin de toute végétation. Chez les témoins le premier bourgeon floral n'est apparu que le 4 août et il a été suivi sur chaque pied d'une quinzaine d'autres.

D'autres expériences, pratiquées sur l'Avoine, le Maïs, le Fenouil, la Saponaire, la Belle-de-Nuit, la Fumeterre, m'ont fourni des résultats analogues rappelant à certains égards les observations faites par Tournois [1] sur le Houblon et le Chanvre à la suite de semis précoces ayant pour effet de modifier l'ensemble des conditions atmosphériques auxquelles les plantules étaient soumises.

En résumé, la suppression de l'albumen de la graine, dès le début de la germination, agit sur le développement ultérieur de la plante :

1° En provoquant le nanisme;

2° En imprimant des modifications morphologiques très manifestes sur les feuilles;

3° En amenant une floraison précoce peu abondante, soit unique, soit suivie parfois d'une deuxième floraison normale (Ricin, Fumeterre);

4° En entraînant fréquemment des anomalies sexuelles au cours de la première floraison (Ricin, etc.).

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *Découverte et fouille d'une station préhistorique sous-marine à l'embouchure de la Vie, en Vendée.* Note de MM. **Edm. Bocquier** et **Marcel Baudouin.**

Les stations préhistoriques à silex taillés, actuellement sous-marines, sont extrêmement rares en France. A la vérité on ne connaît guère, pour notre pays, en ce qui concerne la période quaternaire, que celle de la plage du Havre.

Pour l'ère moderne, c'est-à-dire la période néolithique, ces gisements doivent être beaucoup plus nombreux, si l'on en juge d'après ce qu'on sait désormais des mégalithes submergés dans le Finistère, le Morbihan, la Vendée, etc., mais jusqu'à présent on n'en a signalé d'importants que dans la Manche.

---

(1) Tournois, *Anomalies florales du Houblon japonais et du Chanvre, déterminées par des semis hâtifs* (*Comptes rendus*, 30 novembre 1911).

Nous venons de découvrir une station nouvelle à l'embouchure dans l'océan Atlantique du petit fleuve la Vie, en Vendée. Cette dernière a un réel intérêt, en raison des phénomènes géologiques postnéolithiques (déplacement récent de l'embouchure du cours d'eau, etc.) et autres (existence, sur la côte, de dépôts *crétacés*, aujourd'hui inconnus, etc.) qu'elle dénonce et de la nature du silex taillé. Celui-ci, en effet, a été importé et semble provenir d'un point actuellement sous-marin, en raison de l'existence de roches diverses *non roulées par la mer*, dans la station [calcaire, d'apparence primaire, en plaquettes; plaquettes de roches éruptives (dionite, etc.); gneiss granulitique de l'île d'Yeu, etc.], accompagnant des rognons de silex intacts, non roulés également.

Il s'agit là d'un silex bleu noir, très cassant, dont les éléments bruts sont tantôt non influencés par les flots, tantôt transformés en galets de mer, ce qui indique un gisement d'origine situé à l'époque néolithique, sur le bord même de l'océan. Ce silex est analogue à celui de la craie des falaises de la Seine-Inférieure.

Après avoir pu éliminer les causes d'erreur (silex provenant des *délestages* de navires venant de Normandie ou d'Angleterre; action de la drague ayant creusé le port sur ces blocs; action de la mer elle-même, etc.), nous avons dû admettre qu'il s'agit là des restes d'une industrie humaine, datant du début de l'ère néolithique, qu'on peut rapprocher de l'époque dite *campignienne*, en raison de l'absence totale de toute pièce à polissage, et de la présence d'un outillage très grossier à éléments très volumineux.

Les principaux outils sont, en dehors des percuteurs en grès cénomanien, en quartz de filon et des nucléus en silex : des percuteurs tranchants, des grattoirs sur bout de lance, épais; de très gros racloirs, à fortes encoches; quelques perçoirs et de rares tranchets; des couteaux et des calottes de débitage, nombreuses, toutes utilisées.

Ce silex noir, à gisement actuellement inconnu, qui se présente en rognons irréguliers ou en très gros galets roulés, ne peut pas se prêter à une taille fine; ce qui explique la grossièreté de cet outillage primitif.

De plus, il ne se rencontre jamais dans les stations de l'époque robenhausienne (à haches polies), qu'on note en grand nombre sur toutes les côtes de la Vendée [Saint-Hilaire-de-Riez, La Barre-de-Mont, Beauvoir (La Crosnière), Olonne, Saint-Hilaire-de-Talmont (Le Caiola), Saint-Vincent-sur-Jard (Belesbat), etc.]. On ne le retrouve, d'ailleurs en fragments non roulés, que dans l'intérieur de la Vendée, où il y en a de taillés par l'homme (Vairé, Saint-Mesmin-le-Vieux, etc.).

La station sous-marine correspond au lit actuel de la Vie, au niveau du port même de Saint-Gilles-sur-Vie, sur la rive gauche, à 500^m environ de l'océan. Nous n'avons pu l'explorer dans son entier (100^m de longueur pour 30^m de largeur), qu'aux très basses mers de syzygies, car elle est recouverte, aux mortes-eaux, et surtout à la pleine mer, par plusieurs mètres d'une eau très salée (d'où la présence d'animaux marins sur les pièces taillées : serpules, balanes, etc.).

Elle ne semble pas d'ailleurs s'étendre plus loin sous le sable ou les vases de la grève, d'après les fouilles que nous avons pratiquées.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'une faille sur la rive droite de la Loire, à hauteur de Cosne.* Note de MM. **Paul Jodot** et **Paul Lemoine**, transmise par M. L. De Launay.

Les failles qui déterminent le Sancerrois sur la rive gauche de la Loire ont attiré jusqu'à présent toute l'attention des géologues; il existe cependant, sur la rive droite de la Loire, une faille ou plutôt un système de failles qui a une certaine importance au point de vue de la structure d'ensemble du pays, car il constitue en quelque sorte le symétrique du système de failles du Sancerrois; c'est dans la dépression déterminée par ce double système de failles que se trouve la vallée actuelle de la Loire.

Cette faille de la rive droite de la Loire paraît avoir été vue par Raulin (*Statistique de l'Yonne*, p. 517; aucun détail); elle n'a pas été marquée par Potier sur la feuille géologique de Clamecy; on la soupçonne cependant, d'après l'anomalie de quelques-uns de ses tracés; elle a été partiellement indiquée sur la carte géologique de la France au millionième; mais, à notre connaissance, aucune description n'en a été donnée. Nos études et nos tracés ont été faits à l'occasion de la revision faite en vue de l'établissement de la Carte géologique de la France au $\frac{1}{320\,000}$.

I. *Au sud du Nohain.* — Nous prendrons la description de cette faille à hauteur du hameau de Moussard, à l'ouest de Saint-Laurent, presque à la limite sud de la feuille de Clamecy. A partir de là on suit une petite falaise dont la lèvre orientale est constituée par du Kiméridgien et dont la lèvre occidentale est constituée par des dépôts à chailles dont il est impossible de découvrir le substratum.

A partir du hameau de Bohême, on voit un contact très brusque et très net : sur la lèvre orientale, on constate l'existence de calcaires portlandiens ou, dans les portions basses des vallons, de l'argile kiméridgienne, tandis que la lèvre occidentale est constituée par des calcaires lacustres dont M. Jodot a démontré l'âge bartonien. Plus au Nord, on observe, au passage à niveau de Moulin-l'Évêque, un petit lambeau de calcaires à Spatangues qui est nettement en contrebas des falaises portlandiennes constituant la rive droite du Nohain; il paraît également marquer le passage de la faille.

II. *Sur la rive droite du Nohain au sud de Cours.* — Il est impossible de relier cette faille du sud du Nohain à celle qu'on suit plus au Nord, car il existe, à hauteur du village de Saint-Père, un massif de calcaires portlandiens homogènes où aucune faille n'est visible; elle est relayée à hauteur de ce village par une autre faille que jalonne le petit lambeau de Néocomien très altéré qui se trouve au cimetière. Puis cette faille suit la falaise de calcaires portlandiens qui s'étend entre Saint-Père et Cours, dont la lèvre orientale est constituée par du Portlandien et la lèvre occidentale par de l'Albien, présentant peut-être à sa base une série de petits lambeaux d'argile panachée.

III. *A hauteur de Cours.* — La faille semble disparaître encore une fois et être relayée par une troisième faille qui se suit au delà de Cours jusque vers la ferme de Roche, au-dessus de Myennes; on constate dans les champs le contact brusque, soit du Kiméridgien, soit plus loin du Portlandien contre des argiles et des sables appartenant à l'Albien. La lèvre occidentale de cette faille est jalonnée, à hauteur de Roche, par un petit lambeau de calcaires lacustres que les auteurs de la Carte géologique avaient pris pour du Portlandien. Plus au Nord, à hauteur de la Celle-sur-Loire, non loin du hameau des Cracovins, on voit brusquement apparaître la craie cénomanienne qui a été activement exploitée. En suivant à travers bois le lit du petit ruisseau, on peut constater le passage brusque de ce Cénomanien au calcaire à Spatangues surmontant du Portlandien supérieur; le passage de la faille est donc déterminé ici avec une grande précision. On trouve encore dans le voisinage de la faille, sur sa lèvre occidentale, un lambeau de calcaires lacustres qui a fourni *Planorbis pseudoammonius*, Schloth. *Lymnea* et qui est vraisemblablement lutétien.

IV. *Au sud d'Arquian.* — Au nord du hameau des Cracovins, il se produit un nouveau décrochement, cette fois-ci vers l'Est; à partir du signal du Gros-Buisson (altitude 356), on voit le contact anormal du Cénomanien contre les Sables de Puisaye (Albien); cette faille se suit encore jusque près d'Arquian où elle est bien visible.

Plus au Nord, il est impossible de suivre cette faille qui est masquée par des dépôts superficiels et qui doit d'ailleurs disparaître brusquement.

Il résulte de cet exposé que la faille de la rive droite de la Loire, à hauteur de Cosne, a une allure très spéciale montrant une série de décrochements qui la rendent très difficile à suivre sur le terrain. L'existence de ces décrochements lui donne une grande analogie avec la faille de Sancerre qui est sa symétrique sur la rive gauche.

M. **Rouquet** adresse une Note intitulée : *Propulsion par battements d'ailes simultanés*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 3 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 août 1913.

R. Magistrato alle acque ufficio idrografico. Studi fitogeografici sulla laguna de Venezia. Pubblicazione n° 54, testo; n° 54, tavole. Venezia, 1913; 2 vol. in-8°.

Beitrag zur Theorie der isostatischen Reduktion der Schwerebeschleunigung, von Erich Hübner, in Potsdam. Leipzig, 1913; 1 broch. in-8°.

Anales del Instituto y Observatorio de marina de San Fernando, publicados de orden de la superioridad, por el Director Don Tomás de Azcárate, Contralmirante. Sección 2ª, año 1912. San Fernando, 1913; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er septembre 1913.

L'Expédition franco-suédoise de sondages aériens à Kiruna, 1907, 1908 *et* 1909, par H. Maurice, avec une introduction de H.-H. Hildebrandsson. (*Nova Acta regiæ Societatis scientiarum Upsaliensis;* 4e série, t. III, n° 7.) Upsal, 1913; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Vers l'hélicoptère : Essais de propulsion, par Gustave Plaisant. (Extr. de l'*Aérophile* du 15 juin 1913.) Paris; 1 fasc. in-8°.

La crise de l'Aviation : Plaidoyer pour l'hélicoptère, par Gustave Plaisant. (Extr. de l'*Aérophile* du 15 août 1913.) Paris; 1 fasc. in-8°.

Mémoires de l'Académie de Stanislas, 1912-1913; 163e année, 6e série, t. X. Nancy, Berger-Levrault, 1913; 1 vol.

Bulletin de la Société industrielle d'Amiens; t. V, n° 1, janvier, février, mars 1913. Amiens, G. Stora; 1 fasc. in-8°.

Royal Observatory, Hongkong. *Monthly meteorological Bulletin;* june 1913. Hongkong, 1913; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de Statistique agricole, publié par l'Institut international d'Agriculture de Rome; IVe année, n° 8, août 1913. Rome; 1 fasc. in-8°.

Die Genesis der Metallatome aus dem Aether, von W. Schmidt. (Extr. des *Mathematisch-naturwissenschaftliche Blätter*, 10e année, nos 6-9.) Carlsruhe; 1 fasc. in-4°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 SEPTEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. LE GÉNÉRAL BASSOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ZOOLOGIE. — *Observations nouvelles sur le développement larvaire de la Langouste commune* (Palinurus vulgaris *Latr.*) Note de M. E.-L. **Bouvier**.

Le développement larvaire des Palinuridés ou Langoustes est resté, jusqu'ici, entouré de mystères. On sait, depuis Couch (1857) et Gerbe (1863), que ces animaux sortent de l'œuf sous une forme aplatie et translucide, tenue pour un genre spécial par les anciens zoologistes et désignée par eux sous le nom de *Phyllosoma;* on sait également, depuis Claus (1863), que les phyllosomes sont pélagiques et présentent des stades évolutifs nombreux dont la taille varie, chez la Langouste commune, de 3^{mm} à 21^{mm} environ; enfin depuis les recherches de M. Boas (1881), confirmées par M. Calman (1909), on regarde comme le *stade natant*, intermédiaire entre les grands phyllosomes et l'état parfait, un petit Crustacé macroure pour lequel M. Ortmann avait établi le genre *Puerulus*. Mais on ne connaît, chez aucune espèce de Palinuridés, les stades divers qui relient le phyllosome récemment éclos à la forme définitive, on n'a jamais constaté la transformation des grands phyllosomes en puerulus et d'autre part, si l'on a trouvé le puerulus d'une dizaine d'espèces de Palinuridés exotiques, on n'avait pu recueillir, jusqu'ici, le puerulus de notre Langouste commune.

Ces problèmes ont retenu l'attention des zoologistes depuis le milieu du siècle dernier. Je m'y étais attaché depuis quelque temps, et j'avais fait connaître, à diverses reprises, le puerulus de plusieurs espèces de Langoustes. Mais les collections les plus riches ne suffisent guère en pareille

circonstance et, pour obtenir la solution des problèmes signalés plus haut, je me suis rendu au Laboratoire de Plymouth où la Marine biological Association m'avait offert l'hospitalité la plus large et la plus honorable, sur l'intervention obligeante de M. le professeur Ray Lankester. Ce laboratoire est parfaitement aménagé, il possède un bon steamer, l'*Oithona*, qui lui permet d'effectuer des pêches au large, enfin il se trouve à 20^{km} environ du phare d'Eddystone qui surmonte un fond rocheux où la Langouste commune trouve un habitat favorable. Je savais d'ailleurs, par un Mémoire de M. Cunningham (1891), que les premiers stades phyllosomes de cette Langouste apparaissent autour du phare vers la fin de juin et durant la première quinzaine de juillet, si bien qu'on pouvait espérer suivre jusqu'au bout le développement de l'espèce pendant la deuxième quinzaine du même mois et toute la durée du mois d'août. C'est le temps que j'ai passé au Laboratoire de Plymouth, et l'on va voir que mes prévisions étaient justifiées; grâce à un temps des plus favorables et surtout au dévouement aimable de tout le personnel du Laboratoire, surtout de M. Allen, directeur, et de M. Clark, assistant, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir apporter une solution définitive aux problèmes qui avaient jusqu'ici rebuté la patience des zoologistes.

1. *Stades phyllosomes.* — Claus avait fait connaître les divers stades phyllosomes de la Langouste commune, depuis le jeune qui mesure un peu plus de 3^{mm} à la sortie de l'œuf, jusqu'aux individus qui semblaient à la fin de leur évolution et mesuraient 21^{mm}; il avait d'ailleurs confondu, dans la même description, d'autres phyllosomes qui appartiennent sûrement aux Scyllaridés, ainsi que l'ont établi dans la suite Dohrn et Richters. M. Cunningham, d'autre part, a fait une excellente étude des stades phyllosomes 1 et 3 (ce dernier mesure 7^{mm}) sur des spécimens capturés aux environs du phare d'Eddystone.

J'ai pu recueillir tous les stades évolutifs de notre Langouste, sauf peut-être l'antépénultième. Il y en a huit ou neuf; faute d'une étude minutieuse des riches matériaux capturés, je n'ai pas encore de précision sur ce point. La plupart de ces stades ont été à peu près suffisamment décrits par les auteurs précédents et ce n'est pas ici le lieu d'insister sur ces détails.

Mais il convient de signaler un stade phyllosome qui avait, à ma connaissance, échappé aux recherches des zoologistes. Ce stade est le plus important de tous parce qu'il donnera naissance au puerulus; il présente la même taille (20^{mm}-21^{mm}) que les grands phyllosomes décrits par Claus, mais il

s'en distingue, entre autres caractères, par le développement plus considérable des branchies et surtout par ses épimères abdominaux qui se terminent en pointe et portent déjà sur leurs bords quelques saillies spiniformes; c'est déjà un abdomen de puerulus et, au point de vue de ces ornements en saillie, l'abdomen de la Langouste adulte. D'ailleurs, tous les autres caractères essentiels du phyllosome classique sont conservés, entre autres le développement de la région céphalique aplatie, qui est beaucoup plus grande que le thorax.

Les phyllosomes capturés au cours de la campagne sont nombreux, mais un seul exemplaire appartient à ce stade, qui est le dernier.

II. *Stade natant ou puerulus*. — Une seule capture également du puerulus à l'état de liberté; le précieux exemplaire fut pris vivant avec le filet Petersen, entre deux eaux (*midwater*), au-dessus d'un fond de 27-29 brasses.

Ce puerulus, inconnu jusqu'ici, a la même longueur (20^{mm}-21^{mm}) que le phyllosome au dernier stade, mais son apparence est tout autre. Il n'a plus le corps aplati, les longues pattes aranéiformes et le grand bouclier céphalique des phyllosomes, c'est déjà un vrai Décapode macroure quelque peu semblable, par son aspect général, à l'Écrevisse et à la Langouste : son corps est épais, ses pattes sont courtes et plutôt fortes, son bouclier devenu étroit, à peine plus large que l'abdomen, est franchement céphalothoracique. Le puerulus ne nage plus, comme le phyllosome, en agitant les exopodites sétifères des pattes, car ces exopodites sont tout à fait rudimentaires et sans fonctions; c'est au moyen de la queue qu'il se déplace, agitant les deux rames de ses pléopodes qui peuvent former couple, d'un côté à l'autre, grâce aux crochets rétinaculaires de leur appendice interne.

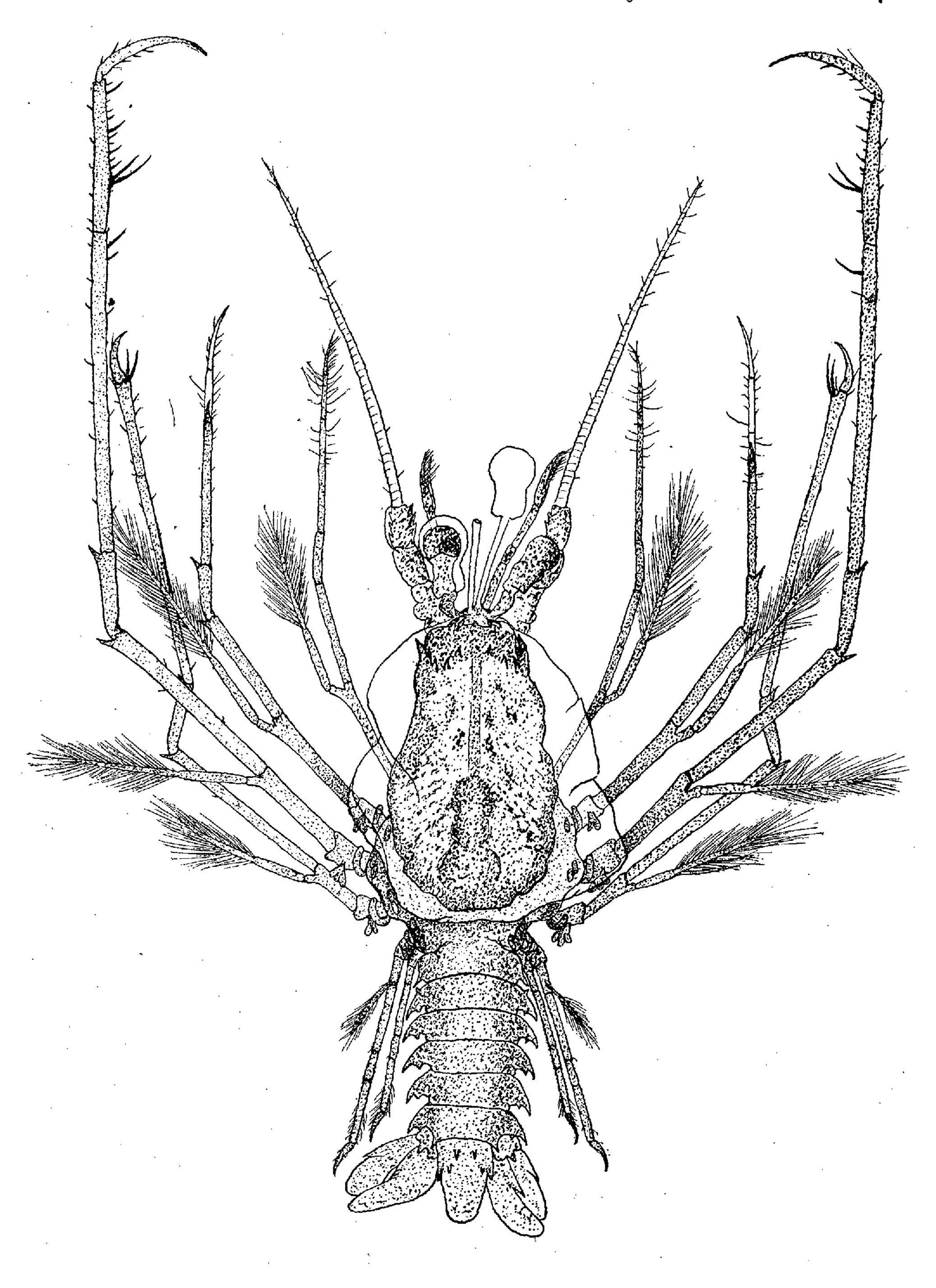
Au surplus, le curieux animal a conservé la transparence et les téguments coriaces, non calcifiés, du phyllosome; il est muni d'une paire de pointes sternales à la base des pattes. Son abdomen rappelle celui du phyllosome au dernier stade. L'animal ressemble d'ailleurs quelque peu à la Langouste par ses antennes externes, qui sont déjà puissantes, par ses cornes frontales (qui sont d'ailleurs inermes) et par le développement de quelques-unes des épines céphalothoraciques propres à l'état définitif : deux paires de fortes épines post-rostrales, et un certain nombre de spinules situées sur les régions gastrique, cardiaque et branchiale; il y a en outre, sur chaque région hépatique, une série de trois épines qui semblent faire défaut chez l'adulte. Les sillons transverses de l'abdomen ne sont pas encore développés.

Ce puerulus a les antennes internes courtes des Palinuridés brévicornes, c'est-à-dire des *Palinurus* et des *Jasus;* il se distingue du puerulus du dernier de ces deux genres par ses pointes sternales et par l'exopodite flagellé de ses pattes-mâchoires externes. Ces deux derniers caractères le rapprochent du puerulus de la petite Langouste caraïbe, *Palinurus longimanus,* dont l'armature céphalothoracique est d'ailleurs assez différente.

III. *Passage du phyllosome au puerulus et de ce dernier à la Langouste.* — Le puerulus est-il bien issu du phyllosome? On n'en saurait douter. Par une bonne fortune singulière, il s'est trouvé que notre phyllosome au dernier stade était en pleine métamorphose et contenait le puerulus en partie formé. Ce phyllosome fut rapporté vivant au laboratoire où il périt en quelques heures, sans doute à cause des phénomènes dont il était le siège. Après sa mort et lorsqu'il eut pris quelque opacité sous l'action des réactifs, je pus y voir (figure ci-jointe), détachée du bouclier céphalique, toute la partie antérieure du bouclier céphalothoracique avec les cornes rostrales et les grandes épines antérieures qui caractérisent le puerulus; l'un des pédoncules oculaires, celui de gauche, était en voie d'exuvie, avec sa base phyllosomienne déjà détachée; l'autre pédoncule était complètement sorti du pédoncule phyllosomien; on observait également la transformation de certaines pattes, et les doigts de ces dernières, au lieu d'être longs et grêles comme ceux du phyllosome, avaient la brièveté des doigts du puerulus.

Ces observations heureuses me paraissent importantes, car elles établissent sans conteste, comme l'avait justement pensé M. Boas, que le « stade natant » ou puerulus provient directement des phyllosomes au dernier stade. On pouvait, à bon droit, mettre en doute cette conclusion, car Reinhardt avait figuré, en 1858, sous le nom de *Phyllamphion*, une forme des plus curieuses, qui se distingue des phyllosomes les plus âgés par la réduction de son bouclier céphalique et le développement de ses appendices buccaux. Les exemplaires de *Phyllamphion* ont été pris dans les mers de Chine et appartiennent au Musée de Copenhague, d'où ils me furent envoyés par M. Lundbeck; ils sont bien tels que les avait figurés Reinhardt et représentent, à coup sûr, le stade phyllosomien ultime de quelque Langouste orientale. Mais ce stade n'est pas représenté dans notre Langouste commune, puisque nous avons vu le phyllosome à grand bouclier céphalique de cette dernière donner directement naissance au puerulus.

La transformation directe du puerulus en Langouste définitive n'a pas encore été observée, mais on ne saurait la tenir pour douteuse; le puerulus,



en effet, ressemble déjà beaucoup à la Langouste, il en présente tous les caractères essentiels et sa taille est à peu près aussi grande que celle des toutes petites Langoustes déjà bien formées. Il en diffère, il est vrai, par sa transparence, la consistance coriace de ses téguments et la présence d'épines sternales, mais ce sont là des traits larvaires qu'une simple mue fera disparaître.

IV. *Observations biologiques.* — Au surplus, il sera certainement facile d'observer la transformation du puerulus en Langouste et c'est un fait que j'espère bien mettre en évidence au cours d'une campagne prochaine. Il suffira, pour cela, de faire des élevages en aquarium et ceux-ci me paraissent avoir toutes les chances de réussir. La seule difficulté sera d'obtenir des puerulus vivants.

Pour cela, on pourra mettre en pratique deux méthodes différentes : l'élevage des phyllosomes âgés et la capture des puerulus au large.

L'élevage des grands phyllosomes en aquarium ne me paraît pas impossible. M. Clark a capturé, dans les parages d'Eddystone, un phyllosome à l'avant-dernier stade (20^{mm}-21^{mm}) et a pu le rapporter au laboratoire où il est peut-être encore vivant et où j'ai pu l'observer pendant les deux jours qui précédèrent mon départ. Quoique placé dans une simple jarre et dans des conditions peu favorables, la curieuse larve paraissait très active et en fort bon état; elle se déplaçait à peu près exclusivement au moyen de ses exopodites thoraciques, qui lui servent surtout à se maintenir dans le milieu et à la diriger; elle descendait lentement quand ces appendices n'étaient plus en fonctions; les pattes elles-mêmes font peu de mouvement et semblent jouer le rôle de balancier, l'abdomen et ses pléopodes n'en font aucun. Le jeune animal est rapidement et fortement attiré par la lumière. Les phyllosomes à cet avant-dernier stade sont communs au mois d'août; peut-être pourra-t-on les conduire jusqu'au dernier stade et, de celui-ci, au stade puerulus.

La capture des puerulus en pleine mer sera plus difficile. Ces jeunes, en effet, ne doivent pas rester longtemps entre deux eaux, dans le milieu pélagique où ils se trouvent en sortant du phyllosome et où fut capturé l'exemplaire que j'ai décrit plus haut. Ce sont des nageurs au corps lourd, qui doivent très vite descendre sur le fond où ils se cachent certainement parmi les roches, car leurs téguments coriaces et non calcifiés les rendent très vulnérables. Ainsi doit s'expliquer, à mon avis, l'extrême rareté des puerulus dans les collections zoologiques; on n'en connaît guère que vingt

à trente spécimens dans l'ensemble des musées du monde, et ils appartiennent à onze espèces de Langoustes. Mais une fois obtenu à l'état vivant, le puerulus sera, presque à coup sûr, d'une éducation facile à cause de ses habitudes, et l'on pourra aisément, dans un aquarium, observer sa transformation en Langouste.

Sera-t-il possible, un jour, de faire l'élevage de la Langouste, depuis l'œuf jusqu'à la forme définitive? Les expériences effectuées jusqu'ici dans cette direction ne furent pas heureuses et les jeunes phyllosomes sortis de l'œuf finissaient toujours par périr. Mais ces expériences ont été rares et se produisirent à une époque où l'outillage des laboratoires n'était pas aussi parfait qu'aujourd'hui; il y aura donc lieu de les reprendre maintenant qu'on connaît, à tous ses stades, le développement larvaire de la Langouste commune; leur importance industrielle mérite bien cet effort. Autant que j'en puis juger d'après un rapide examen des récoltes effectuées à Plymouth, le développement larvaire de notre Langouste ne doit guère dépasser deux mois ou deux mois et demi peut-être; les phyllosomes au premier stade se trouvent dès le mois de juin et notre puerulus fut capturé à la fin de juillet. D'ailleurs, l'époque de maturité des œufs n'est point la même pour toutes les femelles de notre Langouste, car j'ai constaté la présence de phyllosomes au premier stade jusque dans la première quinzaine du mois d'août; on peut donc s'attendre à trouver des phyllosomes âgés et des puerulus pendant toute la durée du mois de septembre.

Je termine là cette Note. Si elle présente quelque intérêt, je dois en remercier toutes les personnes qui ont provoqué ou facilité mes recherches, c'est-à-dire les membres de la Marine biological Association, M. le professeur Ray Lankester, et, pour leur dévouement au-dessus de tout éloge, M. Allen et M. Clark, du Laboratoire de Plymouth, assistés par M. Gossen et par M. Saville.

NOMINATIONS.

M. Lucas-Championnière est désigné pour la lecture à faire, au nom de l'Académie, dans la séance publique du 25 octobre.

CORRESPONDANCE.

CHRONOMÉTRIE. — *Réglage d'un chronomètre marin à quatre spiraux.* Note [1] de M. JULES ANDRADE.

J'exposerai dans cette Note les conséquences techniques de la loi de similitude des ressorts circulaires établie dans ma Note du 4 août.

I. Nous utilisons deux couples de ressorts cylindriques :

1° Un couple S assurant une vibration sinusoïdale et dont nous distinguerons deux types :

TYPE α. — *Spiraux superposés*, c'est-à-dire ayant les projections des lignes piton-virole sur l'axe des cylindres de sens contraire; les moments élastiques $\frac{EI}{L}$ et $\frac{E'I'}{L'}$ sont égaux; étendues angulaires égales entre elles et égales *à un même multiple impair de quarts de tour.*

TYPE β. — *Spiraux de même étage*, c'est-à-dire ayant leurs projections des lignes piton-virole sur l'axe des cylindres de même sens. Étendues angulaires p et p' vérifiant les relations $\frac{EI}{Lp^2} = \frac{E'I'}{L'p'^2}$ ($p' - p =$ multiple impair de demi-tour).

2° Un couple Σ sans pression latérale sur l'axe, formé de spiraux de même étendue angulaire et dont les caractéristiques vérifient la relation $\frac{EI}{L^2} = \frac{E'I'}{L'^2}$; et ayant leurs viroles opposées comprenant deux types :

TYPE α. — Spiraux superposés; *enroulements symétriques.* Cas particulier type α_0 formé de deux spiraux de dimensions linéaires égales et de dimensions angulaires égales ; *ce type conserve le centre de gravité du système rigoureusement sur l'axe.*

TYPE β. — Spiraux de même étage; *enroulements de même sens.*

II. Pour ménager le logement, pour modifier aussi peu que possible la hauteur des chronomètres en usage et enfin pour satisfaire aux exigences

---

[1] Reçue dans la séance du 1er septembre 1913.

des épreuves d'observatoire (en positions légèrement inclinées) nous employons :

Deux spiraux A_1, A_2 formant un système $\sum_{\alpha_0}$ à dimensions identiques;

Deux spiraux B_1, B_2 formant un second système $\sum_{\alpha_0}$.

B_1 et A_1 forment un système S_β; B_2 et A_2 forment un second système S_β au-dessous du premier.

Soit connue l'étendue angulaire p_0 *d'un spiral de comparaison* approprié au même balancier et de même métal que nos quatre spiraux; adoptons des spiraux dont les dimensions linéaires sont proportionnelles aux dimensions linéaires du spiral étalon; et soient : λ l'échelle, p l'étendue angulaire de A_1 et A_2; λ' l'échelle, p' l'étendue angulaire de B_1 et B_2.

Ce système, par chacune de ses parties, n'exerce aucune pression latérale sur l'axe.

III. Pour satisfaire à l'isochronisme *théorique* ou de première approximation et à l'équivalence du système adopté et du spiral étalon, nous poserons :

$$(1)\qquad \begin{cases} \lambda = p\omega; \qquad \lambda' = p'\omega; \qquad 2\omega^3 = \dfrac{1}{p_0(p^2+p'^2+4)}; \\ \qquad\qquad p - p' = (2h+1)\pi; \end{cases}$$

(h entier positif; p et p' de même signe et forcément inégaux si les A sont extérieurs aux B correspondants).

IV. Pour réaliser l'isochronisme pratique ou de deuxième approximation utilisons les séries $z(u_0)$ et $s(u_0)$ de M. Caspari et la fonction

$$(2)\qquad \varphi(u_0) \equiv z(u_0) - u_0^2\, s(u_0).$$

Désignons par $\gamma^2 u_0^2 T$ la perturbation de la durée *normale* T de l'oscillation du balancier due à la flexibilité de sa lame bimétallique; la perturbation due à l'inertie des quatre spiraux, $\frac{1}{5}$ environ de celle due au spiral étalon unique, n'est que les $\frac{3}{100}$ de la précédente; nous la négligeons.

Soient P et P' les valeurs de p et p' après les corrections d'anisochronisme Δp et $\Delta p'$; le balancier conduit par nos quatre spiraux aura, sous une semi-amplitude u_0, une oscillation simple dont la durée T' est définie par

$$(3)\qquad \frac{T'}{T} = 1 + 2p_0\,\varphi(u_0)\left[\frac{2\lambda^3}{P^3}\cos P + \frac{2\lambda'^3}{P'^3}\cos P'\right] + \gamma^2 u_0^2.$$

Nous ne conserverons entre P et P′ que la condition d'équivalence du spiral étalon et de notre système de spiraux, c'est-à-dire la relation

$$(4) \qquad \frac{\lambda^3}{\mathrm{P}}\left(1+\frac{4}{\mathrm{P}^2}\right)+\frac{\lambda'^3}{\mathrm{P}'}\left(1+\frac{1}{\mathrm{P}'^2}\right)=\frac{1}{2p_0}$$

ou approximativement

$$p\,\Delta p + p'\,\Delta p' = 0.$$

Il est avantageux de faire

$$\cos p = \cos p' = 0; \qquad p = 11{,}75.2\pi = p_0; \qquad p' = 10{,}25.2\pi.$$

Soit δp_0 la correction d'anisochronisme d'usage pour le spiral étalon aux amplitudes de régime des chronomètres marins, *pour obtenir ici le même isochronisme pratique* nous trouverons

$$(5) \qquad \left\{\begin{aligned} \Delta p &= \delta p_0 \frac{p^2+p'^2+4}{p_0^2}\,\frac{p'}{p'+p}, \\ -\Delta p' &= \delta p_0 \frac{p^2+p'^2+4}{p_0^2}\,\frac{p}{p+p'} \end{aligned}\right.$$

ou approximativement

$$\Delta p = \delta p_0; \qquad \Delta p' = -\delta p_0.$$

δp_0 dont la valeur absolue est de 10° avec l'ancien balancier, est notablement réduit par l'emploi du balancier coupé de M. Guillaume; il en sera donc de même des corrections Δp et $\Delta p'$.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la dessiccation frigorifique de l'air destiné à être liquéfié.* Note [1] de M. **Georges Claude**, transmise par M. d'Arsonval.

On sait que l'air comprimé destiné à être liquéfié doit, ou être desséché rigoureusement avant son entrée dans les échangeurs de températures pour ne pas obstruer après un temps très court leurs faisceaux tubulaires, ou circuler dans ces échangeurs dans des conditions telles que le dépôt progressif de l'eau sous l'effet du refroidissement puisse s'y opérer sans risque d'obstruction.

Dans une précédente Note [2], remarquant que les procédés classiques de dessicca-

[1] Transmise dans la séance du 1er septembre 1913.

[2] *Comptes rendus*, 22 novembre 1909.

tion chimique, d'ailleurs encombrants et ennuyeux, deviennent trop coûteux lorsqu'il s'agit de produire l'oxygène, au voisinage des hauts fourneaux et des chutes d'eau, au prix global de revient de 2 centimes le mètre cube, j'ai indiqué une solution ressortissant du deuxième ordre d'idées. Mon procédé consistait à extraire l'eau, rendue incongelable par l'addition d'une minime quantité d'alcool, par sa condensation sur les parois de plus en plus froides de l'échangeur pendant l'ascension de l'air comprimé humide. Ce procédé marche avec une perfection pour ainsi dire théorique et a donné, comme je l'indiquais alors, d'excellents résultats. Cependant, je ne l'ai pas généralisé en pratique, dans la crainte qu'on ne m'objecte que des traces d'alcool pourraient échapper à la condensation et s'accumuler petit à petit en quantité notable dans le cul-de-sac constitué par le vaporiseur d'oxygène.

Je me suis donc préoccupé de trouver un procédé qui permette l'élimination de l'eau, cette fois, grâce à un processus exclusivement frigorifique et en dehors de toute addition d'une substance quelconque. L'éminent professeur Linde a déjà réalisé depuis un certain temps ce *desideratum*, grâce à la ressource que lui offre sa machine frigorifique auxiliaire. Dans mon cas, il me suffit de compter sur le froid produit par la seule machine de détente, et les moyens que j'emploie sont au surplus très différents de ceux de Linde.

La principale difficulté qu'on rencontre pour éliminer l'eau frigorifiquement est la suivante :

Depuis l'entrée de l'air dans l'échangeur jusqu'à la région de celui-ci où la température atteint 0°, l'eau se dépose à l'état liquide; à partir de là, sous forme de givre, rapidement décroissant à mesure qu'on s'éloigne du point 0°. Si l'on réussit à éliminer l'eau liquide, comme elle représente de beaucoup la majeure partie de l'humidité totale, le givre pourra s'accumuler dans les tubes pendant un temps appréciable, par exemple 1 jour, avant d'amener l'obstruction : une substitution d'échangeurs, qui s'effectue en quelques secondes sans aucune difficulté, remettra alors les choses en l'état pour une nouvelle période, et ainsi de suite.

Mais si les échangeurs sont verticaux et si l'air comprimé y circule de haut en bas, comme c'est le cas dans mes appareils, l'eau déposée à l'état liquide s'écoulera jusqu'au point 0° et, s'y congelant, provoquera une obstruction immédiate. Or, on ne peut pas mettre un collecteur de liquide en cet endroit précis, parce que la position du point 0° change avec les saisons.

Cette difficulté disparaît si l'on change le sens de la circulation dans l'échangeur en faisant arriver l'air comprimé par le bas dans les tubes, tandis que les gaz détendus circulent autour des tubes, de haut en bas. Ici, la séparation de l'eau liquide se fait rationnellement par écoulement dans le collecteur d'arrivée, et les obstructions de son fait sont ainsi évitées. Mais alors on tombe dans une autre et très grave difficulté : la circulation des

gaz est antiméthodique, puisque par exemple l'air comprimé se refroidit et devient plus dense à mesure qu'il s'élève : ce fait est très important, car avec l'air fortement comprimé et très froid, les différences absolues de densité sont très grandes en même temps que les vitesses d'ascension sont très faibles, en sorte que le fonctionnement de l'échangeur devient déplorable. J'ai fait une expérience avec un échangeur comportant des tubes de 10^{mm}, traversés de bas en haut par de l'air comprimé à 40^{atm} qui alimentait à sa sortie une machine de détente : la température d'arrivée de l'air comprimé à la machine n'a pas réussi à s'abaisser au-dessous de 70°, tandis que l'écart de températures au bout chaud de l'échangeur était à peu près égal à la chute *vraie* dans le détendeur, soit 60°; la perte de froid était donc égale à la production *totale* de la machine, ce que confirmait d'ailleurs le fait que la température ne s'abaissait plus ! Cet effet néfaste de la circulation antiméthodique ne s'affaiblit, jusqu'à devenir acceptable, que lorsque la densité de l'air comprimé est très faible et sa vitesse ascensionnelle grande, ce qui est le cas, par exemple, lorsqu'on opère à 2^{atm} ou 3^{atm} comme dans mes procédés de récupération frigorifique des vapeurs de liquides volatils (1). Il est inadmissible pour l'air à 20^{atm} ou 30^{atm} destiné à être liquéfié, et j'ai dû faire en sorte de l'éviter, aussi bien pour le procédé de dessiccation par l'alcool que pour celui que je décris à l'heure actuelle.

Mon procédé consiste essentiellement à faire circuler les gaz détendus, non plus autour des tubes de mes échangeurs, mais dans ces tubes, tandis que l'air comprimé circule *autour d'eux*, suivant la trajectoire méthodiquement sinueuse que lui imposent de nombreuses chicanes. Au lieu d'une trajectoire verticale, l'air comprimé suit donc ici une trajectoire composée d'éléments *horizontaux*, et l'on peut alors se permettre de le faire arriver vers le bas et de le faire monter dans l'échangeur sans que le changement progressif de densité puisse influer sur lui. C'est l'air détendu seul qui, dans sa trajectoire verticale, peut souffrir de l'antiméthodicité, mais comme il est très peu dense et sa vitesse très grande, l'effet est négligeable. En fait, le fonctionnement est si satisfaisant que l'écart à la sortie ne dépasse pas celui des échangeurs méthodiques, soit 5° à 6°. L'eau liquide s'écoule sans difficulté vers le bas, où elle est purgée périodiquement. Quant au givre déposé autour des tubes au delà du point 0°, au bout de 15 à 24 heures, la quantité en est suffisante pour occasionner des pertes de charges. Mais avant que ce fait se produise, on substitue un deuxième échangeur au

(1) *Comptes rendus*, 8 novembre 1909.

premier et cette opération s'effectue très rapidement en faisant passer le froid du premier échangeur sur le second à l'aide d'un dispositif de commande ingénieusement combiné par mes collaborateurs Le Rouge et Lantz.

Réalisée de cette façon, la dessiccation frigorifique ne se traduit, même en été, que par un relèvement à peine sensible de la pression de fonctionnement des appareils, 1^{atm} par exemple pour un appareil à oxygène de 50^{m^3} à l'heure. Son coût est donc infime quand la force motrice est bon marché.

Plusieurs applications de ce procédé ont été faites à l'heure actuelle. Notamment, c'est avec lui qu'a été équipée la série très importante d'appareils à azote pur que nous installons en ce moment pour la fabrication de la cyanamide en Autriche, au Canada, aux États-Unis et au Japon.

DYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Sur la combustion des mélanges gazeux et les températures d'inflammation.* Note (¹) de MM. **Taffanel** et **Le Floch**, transmise par M. Le Chatelier.

Nous avons décrit, dans une Note du 19 mai 1913, le dispositif expérimental qui nous a permis d'étudier le retard à l'inflammation des mélanges de grisou et d'air : le mélange est brusquement introduit dans un matras dont les parois ont une température connue ; un manomètre enregistreur marque l'instant de l'introduction et l'instant de l'inflammation.

Le même dispositif nous a permis de mesurer les températures d'inflammation de divers mélanges gazeux ; en même temps, les retards à l'inflammation ont été étudiés pour d'autres gaz que pour le grisou.

Voici d'abord les résultats obtenus pour la température d'inflammation des mélanges de grisou naturel et d'air ; les précédentes déterminations de MM. Mallard et Le Chatelier fixaient sa valeur à 650° environ.

1° *Matras de* 275^{cm^3}.

Teneur °/₀.	3,0	3,9	5,2	7,0	8,2	9,2	10,1	12,0	16,0	19,0	25,0	30,0
Températ.	680	680	680	675	680	695	710	710	750	790	830	875

2° *Matras de* 15^{cm^3}.

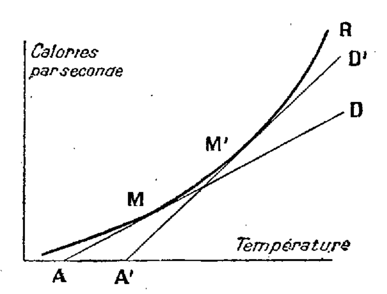
Teneur p. 100.	3,0	3,9	5,5	6,3	6,9	7,8	8,3	9,0	9,5	10,3	11,9	13,0
Température..	737	738	738	736	735	735	735	742	745	755	765	787
Teneur p. 100...	13,8	14,8	15,8	16,5	17,0	17,8	21,8	25,5	30,0	39,0		
Température....	795	800	805	810	815	825	840	875	920	1036		

(¹) Transmise dans la séance du 8 septembre 1913.

En passant du grand vase au petit, les températures sont systématiquement augmentées d'environ 60°.

Cette influence des dimensions du vase est en accord avec l'hypothèse que nous avons émise en une précédente Note, pour l'interprétation des retards à l'inflammation.

R représente le nombre de calories par unité de temps dégagées par la réaction et D le nombre de calories transmises aux parois du vase à température A; cette température est la température d'inflammation si D est tangente à R. Or, selon notre interprétation, la constatation de retards notables implique que R ne croisse pas trop brusquement; il en résulte que les tangentes D et D′ qui, pour des vases différents, ont des inclinaisons différentes, coupent l'axe des températures en des points A et A′ notablement différents.



Les mélanges d'hydrogène et d'air ont donné, dans un matras de 375$^{cm^3}$, des températures d'inflammation croissant régulièrement de 590° pour une teneur de 15 pour 100, à 620° pour une teneur de 60 pour 100 d'hydrogène.

On a constaté quelques retards à l'inflammation, qui ont atteint 8,74 secondes au voisinage immédiat de la température d'inflammation; par suite l'influence du vase est appréciable et un petit matras de 9$^{cm^3}$ a donné des températures plus élevées, variant assez régulièrement de 625° pour une teneur de 20 pour 100 à 712° pour une teneur de 60 pour 100.

Les mélanges d'oxyde de carbone (préparé par le formiate) et d'air ont présenté des anomalies; au-dessus d'une certaine température, 610° pour un matras de 375$^{cm^3}$, 625° ou 700° pour des matras de 15$^{cm^3}$ et 9$^{cm^3}$, il y a toujours eu inflammation, la teneur variant de 20 à 70 pour 100; en dessous de ces températures, on a obtenu des inflammations accidentelles jusque vers 375°. Des retards ont été constatés un peu au-dessus de la température limite de non-inflammation; leur durée a atteint 2 à 3 secondes; les inflammations à plus basses températures n'ont donné que des retards très faibles ou nuls. Nous supposons que les inflammations accidentelles en dessous de la limite normale sont attribuables à la présence de traces de carbone

fournies par la dissociation de l'oxyde de carbone pendant la courte phase d'échauffement.

Les mélanges d'acétylène et d'air s'enflamment vers 335° pour les teneurs de 40 à 55 pour 100 d'acétylène, 400° pour 20 pour 100 et 500° pour 10 pour 100. On constate des retards sur 100° à 200° au-dessus de la température d'inflammation. L'influence de la grandeur du récipient n'a pas été notable; la combustion était accompagnée d'un dépôt de carbone.

En matras de 275$^{cm^3}$, l'éthylène s'enflamme vers 487° aux teneurs de 4,5 à 6,5 pour 100, l'éthane vers 560° aux teneurs de 4 à 8 pour 100 avec des retards sensibles jusqu'à 850° et ayant atteint la très forte valeur de 67 secondes près de la température d'inflammation.

La température d'inflammation du pentane présente un minimum de 512° pour les teneurs de 2 à 3 pour 100. Les minima sont de 578° à la teneur de 5 pour 100 pour le benzol commercial, de 481° à la teneur de 2,2 pour 100 pour l'essence commerciale d'automobile, de 450° aux teneurs de 27 à 38 pour 100 pour l'alcool dénaturé. Tous ces gaz donnent des retards d'inflammation plus ou moins importants.

Les mélanges de poussières de houille et d'air s'enflamment dans les mêmes conditions à des températures variant entre 590° et 670°; ils donnent peu de retards.

On notera, indépendamment des données fournies par ces essais, les deux conclusions suivantes : la température d'inflammation est une notion toute relative, dépendant des conditions d'inflammation; le retard à l'inflammation est une propriété générale, et non particulière au grisou.

BOTANIQUE. — *L'amylase du* Rhizopus nigricans.
Note de M. **Maurice Durandard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les recherches, dont nous résumons ici les principaux résultats, ont eu d'abord pour but d'établir l'existence d'une amylase chez le *Rhizopus nigricans*, puis l'influence de la masse, du temps et de la température sur l'action de cette amylase.

Huit boîtes de culture de 15^{cm} de diamètre, contenant 100$^{cm^3}$ d'un liquide nutritif dont la composition a été déterminée par de nombreux essais, ont été, après stérilisation, ensemencées avec des spores de *Rhizopus nigricans*. L'acidité du milieu correspond à 2$^{cm^3}$,35 pour 100 de liqueur normale de soude.

Huit jours après, le champignon forme un voile magnifique, à feutrage épais, couvert de nombreux pédicelles sporangifères hauts de 4^{cm} à 5^{cm}. Sa couleur gris foncé indique une croissance complètement terminée.

Les voiles, légèrement exprimés, puis lavés et égouttés, pèsent au total 164^{g}. Après découpage en menus morceaux, broyage à la molette sur sable stérilisé, macération pendant 15 heures dans 240^{cm^3} d'eau chlorurée sodique additionnée de quelques gouttes d'essence de moutarde, et filtration à travers un linge, l'expérimentation est immédiatement commencée et le liquide entièrement utilisé en 5 jours. A aucun moment l'examen microscopique n'y révèle la présence de bactéries.

Influence de la masse et du temps. — Des quantités progressives de ce liquide furent mises, à 50°, en présence de 10^{cm^3} d'empois d'amidon de riz à 5 pour 100, sensibilisé par addition de HCl au titre de 0,25 molécule-milligramme par litre. Les quantités complémentaires de liquide bouilli assuraient aux mélanges l'égalité des volumes.

Voici les résultats obtenus :

		1^h.	2^h.	4^h.	6^h.	12^h.	24^h.
$6^{cm^3},4$	Maltose, en milligr.	52,72	154,90	202,26	231,84	325,40	449,29
	Pourcentage moyen, par heure	11,7	22,5	5,3	3,2	3,4	2,2
$3^{cm^3},2$	Maltose, en milligr.	42,43	66,54	133,19	190,08	274,57	358,45
	Pourcentage moyen, par heure	11,8	6,7	9,2	7,9	3,9	1,9
$1^{cm^3},6$	Maltose, en milligr.	24,54	36,08	67,13	101,99	215,29	259,34
	Pourcentage moyen, par heure	9,4	4,4	5,9	6,7	7,2	1,4
$0^{cm^3},8$	Maltose, en milligr.	10,85	15,63	33,39	53,22	105,17	207,03
	Pourcentage moyen, par heure	5,2	2,3	4,2	4,7	4,1	4,1
$0^{cm^3},4$	Maltose, en milligr.	1,77	7,58	14,80	31,10	53,54	83,69
$0^{cm^3},2$	» .	0	3,31	6,31	12,07	30,54	50,58
$0^{cm^3},1$	» .	0	0	2,13	8,88	12,65	20,13
$6^{cm^3},4$ bouilli	» .	0	0	0	0	0	0

Ce Tableau établit donc tout d'abord la présence d'une amylase relativement active, puisque son action est mise en évidence à partir de $0^{cm^3},1$ de liquide diastasifère. Mais on peut serrer les faits de plus près, en négligeant dans le calcul les doses trop faibles et les temps trop courts, dont la marge d'erreur est considérable. Ne retenons que les doses $0^{cm^3},8$, $1^{cm^3},6$, $3^{cm^3},2$,

6$^{cm^3}$,4, avec des temps d'action de 2 à 24 heures. Si, pour un temps quelconque, nous prenons comme unité la quantité de maltose formée par la plus petite masse, et rapportons à cette unité les quantités produites dans le même temps par les masses de plus en plus grandes, nous aurons les rapports suivants :

	2h.	4h.	6h.	12h.	24h.
cm³ 0,8	1	1	1	1	1
1,6	2,3	2,0	1,9	2,0	1,2
3,2	4,2	3,9	3,5	2,6	1,7
6,4	9,9	6,0	4,3	3,0	2,1

Nous en pouvons conclure que *le rapport des actions de masses varie en sens inverse des temps*. L'action retardatrice du produit de transformation est donc très nette. Son évidence ressort également des chiffres du pourcentage moyen.

Signalons, sans en tirer actuellement la moindre conclusion, l'augmentation énorme de la production de maltose par la dose 6$^{cm^3}$,4 pendant la deuxième heure. Cette production diminue ensuite de la troisième à la cinquième heure, de façon à présenter une moyenne horaire inférieure de moitié à celle de la première heure. Pour les doses plus faibles il y a au contraire, pendant la deuxième heure, un fléchissement de la production qui se relève ensuite sans atteindre cependant le chiffre de la première heure.

Influence de la température. — Cette influence a été mise en évidence par l'action, pendant 6 heures, de 6$^{cm^3}$,4 de liquide diastasifère, provenant d'une autre série de cultures, sur 10$^{cm^3}$ d'empois sensibilisé.

Température.	Maltose en milligrammes.	Rapport.
10°	8,26	1
20	17,61	2,1
30	44,76	5,4
40	135,50	16,4
45	174,51	21,1
50	124,28	15,0
55	64,52	7,8
60	3,92	0,4
65	2,79	0,3
70	0	0

Ainsi, à 10°, l'action de l'amylase est déjà sensible. A 45°, température vers laquelle se place l'optimum, cette action est quatre fois plus grande qu'à 30°. Elle diminue rapidement vers 55°, devient très faible à 60° et nulle à 70°.

M. **Léon Godde** adresse une Note intitulée : *Conditions de l'assimilation par les plantes des sulfates et des nitrates.*

La séance est levée à 3 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 8 SEPTEMBRE 1913.

Leonhardi Euleri opera omnia, sub auspiciis Societatis scientiarum naturalium helveticæ, edenda curaverunt FERDINAND RUDIO, ADOLF KRAZER, PAUL STÄCKEL; series I. *Opera mathematica.* Tome XI : *Leonhardi Euleri institutiones calculi integralis,* ediderunt FRIEDRICH ENGEL et LUDWIG SCHLESINGER; t. I. Leipzig et Berlin, B.-G. Teubner, 1913; 1 vol. in-4°. (Ouvrage acquis par voie de souscription.)

HENRI POINCARÉ (29 *avril* 1854-17 *juillet* 1912). *A l'occasion du premier anniversaire de sa mort : 17 juillet* 1913. (Extr. de *Supplemento ai Rendiconti del Circolo matematico di Palermo;* t. VIII, 1913, n°s 1-4.) Palerme; 1 fasc. in-8°. (Adressé par M. G.-B. Guccia.)

L'amélioration des communications téléphoniques sous-marines au moyen de dérivations inductives, par BÉLA GATI. (Extr. de *La Lumière électrique,* numéro du 26 juillet 1913.) Paris; 1 fasc. in-4°.

Sur les carrés panmagiques, par ÉDOUARD BARBETTE. Bruxelles, Hayez, 1913; 1 fasc. in-8°.

Carré magique du 16e ordre à symétrie complète, par M. ÉDOUARD BARBETTE. Bruxelles, Hayez, 1913; 1 fasc. in-8°.

Rapport de M. BONN, Directeur du Laboratoire municipal de Lille, *Sur une explosion de poussières de papier.* Roubaix, imp. E. Jenicot, s. d.; 1 fasc. in-4°.

Sul tenore in azoto delle deiezioni umane della citta di Firenze, per NAPOLEONE PASSERINI. Pise, 1913; 1 fasc. in-8°.

Petrological Notes on the igneous rocks of the Oki islands, by S. KÔZU, with pl. I-IV and fig. 1-5. [*The Science Reports of the Tôhoku Imperial University, Sendai, Japan;* 2e série (*Géologie*), t. I, n° 3.]

Die Magie als experimentelle Naturwissenschaft, von LUDWIG STAUDENMAIER. Leipzig, 1912; 1 vol. in-8°.

Memorias y Revista de la Sociedad cientifica « Antonio Alzate »; t. XXXI, n°s 1-6. Mexico; 1 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 15 SEPTEMBRE 1913.

The nickel industry : with special reference to the Sudbury region, Ontario, by A.-P. COLEMAN, Ph.-D. Ottawa, 1913; 1 vol. in-8°.

Report of the meteorological service of Canada Central Office, Toronto. Ottawa, 1913; 1 vol. in-4°.

Das Treppenzeichen in den americanischen Ideographien, mit besonderer Rücksicht auf Tiahuanacu, von ARTHUR POSNANSKY. Berlin, 1913; 1 broch. in-8°.

Sandation eine offene Antwort auf die Fälschungs-Anklagen der Jesuiten, von ERNST HAECKEL. Frankfurt, 1910; 1 broch. in-8°.

Ueber unsere gegenwärtige Kenntniss vom Ursprung des Menschen. Vortrag gehalten auf dem vierten internationalen zoologen Congress in Cambridge, von ERNST HAECKEL. Stuttgart, 1905; 1 broch. in-8°.

ERNST HAECKEL. Der Monistenbund. *Thesen zur Organisation des Monismus*. Frankfurt, 1905; 1 broch. in-8°.

ARTHUR POSNANSKY. I : *Una falsa critica de Mak Uhle*. II : *Un par de palabras criticas sobre la obra Tiahuanaco por Stübel y Uhle* (*Parte de Uhle*). Berlin, 1913; 1 broch. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 SEPTEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. LE GÉNÉRAL BASSOT.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison des organismes vigoureux et des organismes débiles, au point de vue de leur aptitude à recevoir et à cultiver les microbes virulents.* Note [1] de M. **A. Chauveau**.

La plus grave question d'hygiène sociale du moment, c'est-à-dire la lutte antituberculeuse, vient d'être, à l'Académie de Médecine, l'objet d'une longue discussion. Il y est apparu clairement que les préférences du monde médical s'en vont exclusivement à l'emploi d'une prophylaxie capable de rendre rebelles à la contagion les sujets qui y sont exposés, mais une prophylaxie obtenue par une immunisation d'un caractère tout particulier. Les partisans de cette méthode admettaient, en effet, que les seuls organismes tuberculisables sont ceux dont la force de résistance a été gravement amoindrie par l'alcoolisme ou tout autre facteur de débilitation. Faisons, prétendaient-ils, disparaître toutes les causes de misère physiologique et nous supprimerons le fléau de la tuberculose, parce que l'homme, dans tous les milieux sociaux, aura été rendu intuberculisable.

Malheureusement, les prémisses de cette conclusion se trouvent être des contre-vérités. Il n'était nullement établi, par la médecine clinique, que les organismes affaiblis fussent seuls aptes à contracter la tuberculose et, d'un autre côté, la médecine expérimentale avait démontré, avec exubérance, que les organismes les plus florissants sont tous capables d'en recevoir et d'en cultiver le germe.

---

(1) Présentée dans la séance du 25 août 1913.

Cette démonstration, donnée pour la première fois en 1868, dans mes expériences de transmission, par la voie digestive, du virus tuberculeux, chez les animaux de l'espèce bovine, a été d'une rigueur scientifique irréprochable. Rien n'atténue l'éclatante signification de ces expériences. *Soixante vigoureux sujets avaient été soumis à l'infection; aucun n'y a échappé! C'est donc à l'unanimité que les résultats expérimentaux ont proclamé la parfaite aptitude des plus solides organismes à contracter la tuberculose.*

Une autre question se pose maintenant et mérite d'être soigneusement examinée.

Y a-t-il là une particularité spéciale à la tuberculose? *A priori*, la constatation faite avec le bacille de Koch se présente plutôt comme un grand fait fondamental commun à l'ensemble des autres virus. Il s'est manifesté de la plus forte manière dans les expériences sur la tuberculose; aucune raison n'existe pour qu'il n'en soit pas de même avec n'importe quelle autre maladie virulente.

Les démonstrations déjà acquises ne manquent pas; c'est par millions qu'on les compte. Elles pullulent, tant dans les études de laboratoire que dans la pratique des inoculations préventives. Par exemple, quel praticien, médecin ou vétérinaire, se croirait autorisé à affirmer que l'inoculation du vaccin de la variole, dans l'espèce humaine ou de celui de la clavelée, dans l'espèce ovine, réussit moins bien chez les sujets vigoureux que chez les malingres? Inutile d'insister, on sait bien qu'en la circonstance les conditions de résistance du terrain de culture sont indifférentes au succès de la germination des agents virulents. Mais pour que la démonstration de cette indifférence soit tout à fait probante, comme dans le cas de la tuberculose, ce n'est pas par des voies créées artificiellement que le virus doit pénétrer dans l'organisme; il faut que cette pénétration soit effectuée par les voies naturelles de la contagion.

Or les circonstances ont permis que, sans la chercher, cette démonstration typique, restée inédite, se soit présentée à moi plusieurs fois, au cours d'expériences sur les conditions de la propagation de la clavelée dans les troupeaux de moutons. Et il s'est trouvé, en plus, que c'est dans la même expérience qu'a eu lieu la comparaison des organismes forts et des organismes faibles, au point de vue de leur aptitude à s'infecter, ce qui rend la comparaison absolument irréprochable. Les expériences sur la tuberculose n'ont pas joui de cet avantage, parce que le but essentiel qu'elles visaient exigeait justement l'exclusion absolue des organismes faibles, qui plus

tard, du reste, ont été étudiés à part. Mais l'absence dudit avantage n'a diminué en rien la puissante signification de l'unanimité des résultats positifs obtenus dans les cas de contamination des organismes forts par le virus tuberculeux. L'exposition simultanée des forts et des faibles à l'infection n'en reste pas moins une simplification des expériences et une garantie de la légitimité de leur interprétation. Voilà pourquoi ces expériences sur la clavelée méritent d'être signalées.

On avait eu l'intention de se renseigner, avec ces expériences, sur les mécanismes de la contagion médiate de la maladie sans l'intervention d'aucun intermédiaire, c'est-à-dire sa transmission par les germes issus des malades et semés dans le milieu ambiant, où ils contaminent, soit ce milieu lui-même, soit les aliments, soit les boissons, etc. (*Comptes rendus*, 1868). Plusieurs séries d'expériences se succédèrent dans une grande écurie, que deux claies partageaient en trois segments. Celui du milieu, plus grand que les deux autres, restait constamment inoccupé. Ceux-ci recevaient les sujets consacrés à l'expérience, divisés en deux groupes : l'un comprenant les animaux infectés; l'autre les animaux neufs exposés à l'infection.

Le premier lot occupait un des compartiments extrêmes. Il se composait de cinq ou six moutons claveleux renouvelés suivant les besoins, au cours de l'expérience, pour y entretenir en permanence les divers stades utiles de l'éruption contaminante.

Le deuxième lot, celui des sujets neufs, était toujours formé avec des moutons de même race et de même origine que les malades. On logeait ce lot de sujets neufs dans le second compartiment d'extrémité de l'écurie. Séparé du lot contaminant par toute la largeur du troisième compartiment, il se prêtait avec sécurité à la détermination des conditions de l'infection à distance. C'est là une question étrangère aux déterminations visées dans la présente étude et dont je n'ai rien à dire pour le moment, sinon que, dans les conditions indiquées, l'infection à distance n'est vraiment pas facile à réaliser, lorsque les précautions ont été rigoureusement prises pour éviter tout rapport, par l'intermédiaire du personnel de service, entre les deux lots de sujets.

Il est arrivé parfois, en effet, qu'après une attente de 15 jours, nul signe d'infection ne s'était encore manifesté chez les sujets neufs; leur température n'avait subi aucune modification. Donc le groupe tout entier de ces sujets était resté indemne. Deux explications seulement pouvaient être données de ce résultat négatif : ou bien les germes claveleux émanés du lot malade n'étaient pas arrivés jusqu'aux moutons neufs du deuxième lot; ou bien ces germes avaient rencontré dans l'organisme de ces moutons un terrain réfractaire à leur développement. Mon choix fut assez vite fait entre les deux termes de cette alternative. En effet, transférés dans le compartiment du premier lot et mêlés ainsi aux moutons malades, les *moutons neufs ne tardaient pas à s'infecter* TOUS *en plusieurs petites poussées plus ou moins espacées.*

Aucune atteinte n'avait donc été portée à l'aptitude naturelle des sujets à la culture du virus claveleux. S'ils ne s'étaient pas infectés dans la première phase de l'expérience, c'est bien parce qu'ils n'avaient encore reçu aucun germe venu du lot contaminant.

Laissons de côté ce dernier fait indifférent, répéterai-je, à l'importante solution

recherchée ici. Seule, en effet, la complète possession de leur aptitude *claveligène*, chez les moutons neufs du deuxième lot, nous intéresse présentement. Tous ne se trouvaient pas dans des conditions identiques de force et de résistance. Ce lot de moutons neufs était un mélange de sujets bien portants plus ou moins vigoureux et de sujets très affaiblis, anémiés par un parasitisme profondément débilitant. Mon pourvoyeur de sujets avait souvent l'occasion de me procurer, à très bas prix, des moutons cachectiques, atteints de broncho-pneumonie vermineuse ou, surtout, de distomatose. Je ne manquais pas de profiter de cette occasion, par raison d'économie, dans les cas où il m'était prouvé à l'avance que l'emploi de ces sujets délabrés ne pouvait pas nuire au succès de mes expériences.

Trois fois, dans la très longue et très laborieuse série expérimentale dont il est question, j'ai eu à opérer le transfert des animaux neufs dans le compartiment des animaux claveleux. Voici, dans chaque cas, la composition du lot de sujets neufs, moutons ou brebis :

Numéros.	Sujets vigoureux.		Sujets débilités.		Totaux.
Premier cas...	4	+	4	=	8
Deuxième cas.	1	+	4	=	5
Troisième cas.	5	+	5	=	10

Il vient d'être dit que ces vingt-trois animaux avaient TOUS contracté la maladie. J'ajoute que les premières poussées survinrent indifféremment sur les sujets sains et les sujets débilités. *Donc, rien ne distingue les organismes vigoureux des organismes affaiblis, au point de vue de leur aptitude à recevoir et à cultiver le virus de la clavelée.*

Mais ces derniers furent, en général, plus éprouvés que les premiers. L'éruption s'était, le plus souvent, montrée assez discrète. Plus abondante sur quelques sujets, elle s'accompagna chez trois d'entre eux de fâcheux symptômes généraux. Ces trois animaux périrent; l'unique sujet sain du deuxième cas était du nombre. *Ce sont là des résultats qui, tout en faisant voir que les sujets vigoureux sont exposés aussi aux suites graves de l'envahissement de l'organisme par les microbes claveleux, montrent la sensibilité plus grande des sujets débiles à l'action néfaste de cet envahissement.*

Tel est le bilan de ces expériences comparatives, qui permettent d'appliquer à l'ensemble des maladies à virus les conclusions fournies par l'étude expérimentale de la tuberculose.

Il est prouvé maintenant, d'une manière absolument irréfutable, que les sujets forts sont tout aussi aptes que les faibles à contracter les maladies virulentes : celles qui ont une très courte durée, comme la clavelée, aussi bien que celles dont l'évolution peut être extrêmement lente, comme la tuberculose.

Donc, il est tout à fait chimérique de poursuivre l'extinction du fléau social de la tuberculose en s'efforçant de rendre l'organisme intuberculisable, par la suppression de toutes les causes de misère physiologique.

Seules, la guerre directe à l'agent de la tuberculose et la défense des sujets sains contre l'action infectante des porteurs de bacilles sont indiquées, par la Science, comme moyens capables d'enrayer, diminuer et supprimer les ravages dudit fléau.

Ces prescriptions logiques, appliquées couramment contre la propagation des maladies virulentes de l'homme et des animaux, constituent, du reste, la base des règles générales de l'hygiène privée et de l'hygiène publique. Il n'y a jamais intérêt à se dérober à l'observation de ces règles. Une exception dans le cas de tuberculose serait un non-sens scientifique.

HYDRODYNAMIQUE. — *Théorème de Torricelli et début de l'écoulement.* Note de M. T. LEVI-CIVITA.

1. La vitesse d'écoulement d'un liquide pesant par un (petit) orifice s'exprime, moyennant le théorème de Torricelli, sous la forme

$$v^2 = 2gh, \tag{1}$$

h étant le niveau de l'orifice au-dessous de la surface libre du liquide.

Depuis Bernoulli, la démonstration qu'on en donne classiquement en Hydrodynamique [1] envisage le cas du régime permanent. Il n'est pas à ma connaissance qu'on ait signalé la validité de (1) aussi pour le début du mouvement, c'est-à-dire à l'instant où l'écoulement commence par la brusque ouverture d'un orifice dans la paroi d'un récipient contenant du liquide en repos. Je vais l'établir d'une manière bien élémentaire, en invoquant uniquement le théorème des forces vives. On constatera de la sorte (nº 3) que, quelle que soit l'étendue de l'orifice Ω, la formule (1) définit *rigoureusement* la vitesse initiale pour chaque élément $d\Omega$ (h se rapportant, bien entendu, à l'élément correspondant).

2. Cette remarque fournit un renseignement, sans doute intéressant au point de vue pratique, mais encore très particulier sur l'état des vitesses prises par les particules liquides, immédiatement après l'ouverture de l'orifice. La question se pose de déterminer complètement ces vitesses initiales. Nous reconnaîtrons sans peine (nº 4) qu'analytiquement tout revient à un problème harmonique mixte pour l'intérieur du vase, la condition à l'orifice étant précisément la valeur torricellienne de v.

[1] Voir le Traité de M. P. Appell, 2e édition, t. III, p. 371.

3. Soient donc $d\Omega$ un élément de l'orifice, et v la valeur absolue de la vitesse avec laquelle se commence l'écoulement à travers $d\Omega$. v_n désignera la composante de cette vitesse suivant la normale extérieure à $d\Omega$.

Après un temps infiniment petit dt, il se sera écoulé, à travers $d\Omega$, une quantité élémentaire de liquide

$$dm = \mu\, d\Omega\, v_n\, dt,$$

en représentant la densité par μ.

Cette masse dm, qui était au repos avant l'ouverture, acquiert partant, pendant le temps très court dt, la force vive

$$\frac{1}{2}\, dm\, v^2. \tag{2}$$

Au moment même de l'ouverture, dm se trouvait à l'intérieur du vase, affectant une forme prismatique (aux infiniment petits d'ordre supérieur près). Il nous suffit d'ailleurs de retenir que sa surface terminale était nécessairement constituée par $d\Omega$, soumise à la pression atmosphérique p_0, et par une portion complémentaire $d\Omega_1$, sur laquelle agissait la pression

$$p_1 = p_0 + \mu g h,$$

correspondant au régime hydrostatique du récipient.

La résultante de ces pressions équivaut clairement à une force

$$(p_1 - p_0)\, d\Omega = \mu g h\, d\Omega,$$

dirigée normalement à $d\Omega$ (vers l'extérieur). Vis-à-vis d'elle, le poids de l'élément dm,

$$g\, dm = g\, d\Omega . v_n\, dt$$

peut être négligé. Le travail, accompli pendant dt par toutes les forces agissantes sur dm, est par suite

$$\mu g h\, d\Omega . v_n\, dt = dm . gh. \tag{3}$$

Le théorème des forces vives exprime l'égalité entre (2) et (3), d'où la formule (1). C. Q. F. D.

4. On a ainsi la valeur absolue de la vitesse initiale dans un point quelconque de l'orifice. Il reste à déterminer sa direction, et, plus généralement, toute la distribution des vitesses initiales à l'intérieur du vase. On s'appuie

pour cela sur la circonstance que la production instantanée [1] des vitesses, dans les conditions supposées, est un phénomène conservatif. Il n'exige en effet que la brusque ouverture d'un orifice, parfaitement réalisable (du moins en théorie), sans dépense d'énergie. Dès lors, les vitesses initiales communiquées au liquide doivent admettre un potentiel φ, fonction harmonique (à cause de l'incompressibilité) et régulière à l'intérieur du vase.

Les conditions à la frontière sont :

a. $\frac{d\varphi}{dn} = 0$ sur les parois du vase (n indiquant évidemment la direction normale);

b. $\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2 = 2gh$ en tout point de Ω, d'après ce qu'on vient de dire;

c. $\varphi = 0$ sur la surface libre supérieure du liquide. On se rend compte de cette dernière condition en ayant égard à l'interprétation de $\mu\varphi$. C'est, comme on sait [2], la pression de percussion due à la discontinuité φ du potentiel des vitesses. Or toute surface libre est constamment soumise à la pression atmosphérique; elle ne peut, par conséquent, ressentir aucune pression de percussion; d'où $\varphi = 0$.

5. Il ne sera peut-être pas inutile d'avertir que la même condition (pression exactement égale à la pression atmosphérique) ne subsiste pas à l'orifice *pendant l'ouverture*, mais seulement *immédiatement après*, dès que s'est établi le régime des vitesses initiales correspondant au potentiel φ. La justification intuitive de cette distinction apparaît aisément, pourvu qu'on fasse attention aux circonstances réelles du phénomène envisagé. Nous sommes passé à la limite, en considérant comme instantanés l'ouverture de l'orifice et l'établissement des vitesses initiales. En fait, ils ont une durée très courte;

---

(1) C'est évidemment une abstraction mathématique que de regarder comme instantanée l'acquisition des vitesses par les différentes particules fluides. En réalité, l'ébranlement se propage, à partir de l'orifice, d'autant plus rapidement que le fluide est plus élastique, la vitesse de propagation devenant infinie pour un fluide rigoureusement incompressible. Nous admettons bien qu'il en soit ainsi. Mais, même pour un gaz, il serait tout à fait légitime (tant qu'on vise la mécanique, relativement grossière, de l'écoulement) d'assimiler à un moment impulsif (rentrant dans la théorie ordinaire des percussions) ce qui se passe dans la masse gazeuse au moment de l'ouverture de l'orifice.

(2) Voir par exemple Lamb, *Hydrodynamics* (Cambridge, 1906), p. 11.

mais finie, et dans ce bref délai il se produit quelque chose d'extrêmement compliqué, qui ne laisse pas apercevoir, même schématiquement, l'allure de la pression sur Ω, tandis qu'au niveau supérieur du liquide, dans le vase, c'est évidemment la pression atmosphérique qui règne toujours. Il est au contraire facile, comme on l'a vu, de fixer, justement pour les points de Ω, la valeur absolue de la vitesse initiale de sortie; d'où, *a posteriori*, la conclusion que l'effet dynamiqne à l'orifice se résume dans une pression de percussion $\mu\varphi$. Cette pression (φ étant la valeur que prend, sur Ω, la fonction harmonique caractérisée par a, b, c) dépend toutefois fonctionnellement des données : forme du vase et de l'orifice.

6. S'il s'agit d'un orifice rectangulaire allongé, percé dans le fond du vase (auquel cas l'écoulement se fait sensiblement par plans verticaux), le problème harmonique mixte peut être résolu par des formules expressives, ainsi que l'a montré Betti dès 1850 [1]. Il faut remarquer toutefois que Betti rapportait sa recherche à l'écoulement permanent. On sait bien aujourd'hui, d'après Kirchhoff et Rayleigh, que la mise en équation en est différente. La pénétrante analyse de Betti ne garde pas moins un intérêt physique, puisqu'elle convient au régime des vitesses, qui suit immédiatement l'ouverture d'un orifice.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur les mutations gemmaires culturales de* Solanum immite *Dunal*, *de* S. Jamesii *Torr.* *et* S. tuberosum *L.* Note [1] de MM. **Édouard Heckel** et **Cl. Verne**.

Dans une précédente Communication, du 28 octobre 1912, l'un de nous (M. Heckel), faisait connaître à l'Académie des Sciences les résultats culturaux qu'il a très rapidement obtenus avec les tubercules sauvages *S. immite* Dunal rapportés par M. Verne en 1911 de Chançay, au nord de Lima (Pérou). A ce moment, la productivité de cette plante en tubercules, très limitée et de formation souterraine mutée, était réduite à trois tubercules dans deux pieds; mais ces tubercules du poids de 10^g à 12^g, étaient

---

(1) *Sopra la determinazione analitica dell'efflusso dei liquidi per una piccolissima apertura* [*Annali di Scienze matematiche e fisiche* (di Tortolini), t. I, p. 425-443 (Roma, 1850)]; ou bien t. I de ses *Opere matematiche* (Milano, 1903), p. 3-16.

(1) Reçue dans la séance du 15 septembre 1913.

comestibles, sans stolons, féculents, sans lenticelles saillants et dépouillés de toute amertume. Au Jardin botanique de Marseille, cette année, la même espèce, reproduite par les trois tubercules mutés récoltés en 1912, a donné des résultats meilleurs et confirmatifs de ceux de l'an dernier, en ce sens que la mutation souterraine s'est montrée bien nettement fixée et que ses parties extérieures ont présenté des modifications sensibles (élargissement des feuilles, à lobe médian fortement accusé comme dans *S. Maglia*, disparition particlle des poils, formation de foliolules nombreuses; fleurs blanches, mais à corolle rotacée et rappelant celles du *S. tuberosum* cultivé, pas de fruits). Le fait le plus remarquable en ce qui touche ce *S. immite*, a été la précocité peu ordinaire des plantes. Mis en terre le 6 mars 1913 sous bâche, ces tubercules ont donné trois pieds, dont l'un, parvenu le 13 juin après floraison à complète maturité, portait trois tubercules groupés sans stolons à la base de la tige, sans lenticelles surélevées, sphériques, de couleur jaune clair et du poids de 40^{g} à 45^{g}. La productivité en tubercules n'est pas encore très abondante, mais ces tubercules ont très belle apparence et sont tout à fait comestibles; en 97 jours la maturité des plantes était réalisée. La mutation est donc complète.

Au même Jardin botanique de Marseille, les mêmes faits ont été observés sur une espèce du Mexique : *Solanum Jamesii* Torr. que M. Heckel tenait du Département de l'Agriculture de Washington. Ici, la mutation a intéressé seulement les parties souterraines dans des conditions particulières. M. Heckel tenait les tubercules en essai depuis 3 ans au Jardin botanique de Marseille. C'est à la quatrième année seulement que la mutation disjointe s'est produite en donnant des tubercules très petits, de 2^{g} en moyenne, mais de couleur très dissemblable sur le même pied (jaunes et violets) et, fait particulier, les jaunes sont certainement mutés, les violets pas. Ces petits tubercules jaunes sont, en effet, sans stolons, sans lenticelles, féculents, non amers. Il n'est pas douteux que leur volume s'augmentera à la faveur des cultures ultérieures. Quant aux parties extérieures de la plante, elles n'ont pas varié et répondent bien aux caractères de l'espèce sauvage.

Sur les *Solanum Bitteri* Hassler, nos recherches n'ont donné aucun résultat, bien que les tubercules aient pris un gros développement; ils sont encore aqueux, lenticellés et pourvus de longs stolons. Quant aux parties aériennes, aucun changement n'est survenu. Cette espèce, dont les gros tubercules, d'abord jaunes, deviennent violets très rapidement au contact de l'air (comme M. Heckel l'a signalé déjà pour le *Solanum polyadenium* Green, qui est resté irréductible jusqu'ici), semble devoir être plus résistante à l'action

de l'influence culturale. Mais il n'en est pas de même pour les *Solanum tuberosum* L. dont les tubercules sauvages ont été recueillis par l'un de nous (M. Verne) en 1911, au Pérou (à Amancaës et à Chorillos, mont Moro-Solar) et en Bolivie (à Viacha, 4000^{m} d'altitude). Déjà l'an dernier, M. Heckel avait annoncé la mutation de cette espèce à Marseille. Cette année, nous l'avons observée dans deux stations d'essais établies par nous à Gières 400^{m} et à Saint-Martin-d'Uriage 530^{m} (Isère) sous la direction de M. Ginet, horticulteur. C'est là que nous avons pu observer des résultats intéressants sur les très nombreux pieds de *Sol. tuberosum* issus de ces tubercules.

Mais tout d'abord nous devons rappeler que ces *Solanum tuberosum*, de deux provenances (Bolivie et Pérou), ont été envisagés par M. Bitter, Directeur du Jardin botanique de Brême (Fedde, *Repertorium*, XI, 1912, p. 366 et 391), comme des espèces nouvelles et nommées : celle de Bolivie (Viacha) *Solanum acaule*, et celle du Pérou (Amencaës et Chorillos) *Sol. medians*. Nous croyons, avec Weddel et Dunal, que la première n'est qu'une forme alpine du *Sol. tuberosum*, et nous sommes autorisés à l'admettre par ce fait que nos plantes, en terrain très fumé ou même fumé normalement et cultivées à Marseille ou dans l'Isère, ont donné des tiges qui peuvent atteindre près de 1^{m} de haut, portant des fruits en très grand nombre. Cette forme alpine n'a à Saint-Martin donné lieu à aucune mutation ni souterraine ni aérienne. Toutefois cette fort belle espèce s'est fait remarquer par sa résistance extraordinaire au *Mildew* qui avait envahi nos espèces mutées *S. Commersoni* et *S. Maglia*, mais sans altérer les tubercules (mi-août environ). Au milieu de ces plantes terrassées et flétries, le *Sol. tuberosum* de Viacha gardait, le 5 septembre, et garde encore en ce moment, son beau feuillage. Cette espèce (*Sol. acaule* var. *caulescens* Bitter) est en pleine floraison et fructification.

A Gières, les tubercules sauvages de *Solanum Maglia* rapportés par M. Verne (1911) du Pérou ont donné, après deux années de culture, une belle mutation souterraine sur trois pieds seulement dans environ 150 plantes : tubercules du poids de 160^{g} violets.

Les *Solanum tuberosum* d'Amancaës et de Chorillos (*Sol. medians* Bitter) ont donné des mutations souterraines manifestes. Les tubercules sont restés petits, mais sans lenticelles, féculents et doux. Dans les pieds de deux provenances péruviennes, la mutation souterraine est identique : des deux côtés elle rappelle celle qu'a donnée à Marseille (Jardin botanique) le *S. Jamesii*, mais avec des tubercules jaunes plus gros (7^{g} à 13^{g}).

En somme, à l'heure actuelle, il a été obtenu, par la technique culturale que nous avons indiquée (fumier de poulailler prédominant), la mutation totale ou souterraine seulement de cinq espèces : *Solanum Commersoni*, *Maglia*, *tuberosum*, *immite et Jamesii* (¹).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la résorption intra-rénale des chlorures dans divers états du rein.* Note de MM. **R. Lépine** et **Boulud**.

Dans notre Note du 30 juin de cette année, nous avons montré que si, au moyen d'une canule introduite dans un uretère, et qu'on met en rapport avec un réservoir surélevé, on exerce une contre-pression de 40^{cm}-50^{cm} d'eau dans les voies urinaires, il se fait, dans les canalicules du rein, une résorption des chlorures beaucoup plus forte, de ce côté, que du côté opposé où l'écoulement de l'urine est libre. Dans la présente Note, nous allons indiquer que, dans d'autres conditions, la résorption des chlorures est au contraire très diminuée :

I. En effet, si après une contre-pression unilatérale un peu forte (de 80^{cm} d'eau, environ), prolongée pendant plus de 1 heure, on laisse couler librement l'urine des deux côtés, celle du côté décomprimé présente, comme on sait, certains caractères que l'un de nous a fait connaître (²), et parmi lesquels on trouve l'augmentation des chlorures, par rapport au côté témoin. Or, par la méthode que nous avons exposée dans notre Note du 30 juin, il est facile de se convaincre que cette augmentation est due, au moins pour une grande part, à ce qu'ils sont résorbés dans les canalicules en bien moindre quantité que du côté témoin (³).

II. Si l'on exerce une contre-pression bilatérale d'un côté avec une solu-

(¹) Pour les détails concernant les expériences culturales, nous renvoyons à un Mémoire fait en commun (Heckel et Verne) que nous adressons à la Société nationale d'Agriculture de France.

(²) Lépine et Aubert, *Société de Biologie*, 1886. — Lépine, *Congrès français de Médecine*, Montpellier, 1898.

(³) On eût pu supposer que ce défaut de résorption résulte seulement du fait qu'en raison de la polyurie intense qui existe presque toujours du côté décomprimé, l'urine passe trop rapidement dans les canalicules. Mais, dans quelques cas où la polyurie n'existait pas de ce côté, nous avons néanmoins trouvé une diminution très marquée des chlorures.

tion de sulfate de quinine à 4 pour 1000, et de l'autre avec de l'eau salée physiologique, et si cette contre-pression est suffisante pour faire pénétrer quelques centimètres cubes de liquide dans le rein (¹); puis, qu'on laisse couler quelque temps l'urine de l'un et de l'autre côté pour permettre aux reins de se dégorger, et qu'on recueille ensuite l'urine de chacun des uretères (²), on constate que, du côté de la quinine, l'urine diffère de celle de l'autre côté par son volume et par sa teneur en chlorures qui sont augmentés et par la diminution de l'urée. Voici un cas comme exemple. (Pour voir l'effet de la substance toxique sur la sécrétion du glucose, on a injecté dans la jugulaire une solution de cette substance.)

CHIEN 2891.

Δ du sérum	—0,6
NaCl du sérum (pour 100)	0,45

URINE.

	Du côté témoin.	Du côté décomprimé.	Valeurs de la dernière colonne, celle de la première étant 100.
Δ	—1,34	—0,7	
Pour 1000$^{cm^3}$ *eau.*			
Urée	18^g,43	7^g,2	39
Sucre	20	8,3	41,5
NaCl	2,9	4,7	162
Quantités absolues pour une heure.			
Eau	29^g	38^g	131
Urée	0,53	0,273	51
Sucre	0,58	0,315	54
NaCl	0,84	0,178	212

(¹) La pénétration de quelques centimètres cubes de liquide se fait généralement en 1 heure ou 1 heure et demie si la pression est de plus de 1^m.

(²) Les deux reins ayant été soumis à la même contre-pression, et pendant le même temps, les conditions dans lesquelles ils se sont trouvés sont identiques, sauf que l'un a été intoxiqué. En conséquence, les anomalies de l'urine sécrétée par le rein devront être attribuées à l'action de la substance toxique. Cette conclusion ne serait pas légitime si l'autre rein n'avait pas été également comprimé.

En faisant le calcul, comme nous l'avons indiqué dans notre Note du 30 juin, on trouve qu'il s'est résorbé en 1 heure environ $0^g,20$ NaCl du côté témoin, et environ $0^g,02$ du côté intoxiqué, c'est-à-dire *dix fois* moins.

Nous avons fait neuf expériences semblables avec la quinine. Toutes nous ont donné un résultat analogue. Nous avons fait aussi beaucoup d'autres expériences avec divers toxiques, notamment avec le sublimé. Les résultats sont de même sens.

III. On sait que la section du splanchnique est suivie d'une polyurie et d'une exagération de l'excrétion des chlorures du côté de la section. Dans ce cas aussi la résorption des chlorures est diminuée :

CHIEN 2913.

Section du grand splanchnique à gauche.

Δ du sérum	−0,6
NaCl du sérum (pour 100)	0,5

URINE.

	Côté droit.	Côté de la section.	
Δ	−0,90	−0,80	
Pour 1000^{cm^3} *d'eau.*			Valeurs de la dernière colonne, celle de la première étant 100.
Urée	$3^g,14$	$2^g,82$	89
Sucre (¹)	33,3	26,5	76
NaCl	4	6,6	165
Quantités absolues pour une heure.			
Eau	$15^g,5$	26^g	167
Urée	0,048	0,073	150
Sucre	0,51	0,68	133
NaCl	0,062	0,17	275

Le calcul montre qu'il s'est résorbé du côté sain plus de $0^g,05$ NaCl,

(¹) Chez ce chien on a aussi injecté dans la veine une solution de glucose.

tandis que du côté de la section il s'en est résorbé seulement un très petit nombre de milligrammes.

On remarquera l'analogie des chiffres de la troisième colonne qu'il s'agisse d'intoxication ou de section du splanchnique, avec toutefois cette différence importante que, dans le premier cas, les valeurs de l'urée (et aussi du sucre) fléchissent beaucoup plus, ce qui s'explique naturellement par l'intoxication de la cellule rénale.

CORRESPONDANCE.

M. **M. Gard** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1913.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1913 *b* (*Metcalf*), *faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Besançon.	ΔÆ.	Δ℘.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	℘ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Sept. 7...	15.28.33	+1.47,44	+ 1.53,8	9: 9	6.41.26,47	$9,846_n$	30. 2.48,3	$9,885_n$	1
» 7...	16. 2.28	+1.44,88	+ 0.50,1	9: 9	6.41.23,91	$9,805_n$	30. 1.44,6	$9,071_n$	2
» 11...	15.40.27	−5.28,24	+ 5.47,8	9:12	6.30.42,10	$9,840_n$	27. 1. 7,4	$9,557_n$	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★	Gr.	Æ 1913,0.	Réduction au jour.	℘ 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1......	9,2	6.39.36,07	+2,96	30. 0.50,7	+ 3,8	4703 A.G. Helsingfors-Gotha
2......	9,2	6.39.36,07	+2,96	30. 0.50,7	+ 3,8	4703 A.G. Helsingfors-Gotha
3......	9,5	6.36. 7,04	+3,30	26.55.14,7	+ 4,9	4663 A.G. Helsingfors-Gotha

Le 7 septembre, cette comète, de 9e à 10e grandeur, se présente sous la forme d'un amas nébuleux, circulaire, de 2′ de diamètre. La matière semble se condenser fortement au centre de la chevelure sans offrir un noyau bien net.

Le 11 septembre, la comète est de 9e grandeur et brillante. Sa tête, de même forme que le 7 septembre, s'étend sur un diamètre de 3′ à 4′. On ne voit pas de queue.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1913 *c* (*Neujmin*), *faites à l'Observatoire de Besançon avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	Δ℘.	Nombre de compar.	R apparente.	Log. fact. parallaxe.	℘ apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Sept. 10....	14.19.30	+1.33,68	+5.10,6	12 : 9	23.47.30,98	9,268	88.38.45,2	$0{,}802_n$	1
» 11....	14.51.50	+0. 9,00	−2.56,4	12 : 9	23.46.52,04	9,380	88.11.26,8	$0{,}800_n$	2

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R 1913,0.	Réduction au jour.	℘ 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	8,9	23.45.53,82	+3,48	88.33.56,6	−22,0	8173 A.G. Albany
2.....	7,3	23.46.39,56	+3,48	88.14.45,3	−22,1	8176 A.G. Albany

Cette comète apparaît avec un petit noyau très net et brillant, situé vers le Nord-Ouest, au sommet d'une pâle nébulosité en forme d'aigrette constituant la chevelure. L'aspect général de cette comète est analogue, sauf la forme de la nébulosité, à celui d'une planète de 11e grandeur vue à travers de légers nuages.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur une Communication de M. Eugène Fabry.* Note de M. **D. Mirimanoff**.

Dans une Communication récente (séance du 16 juin, p. 1814), qui résume un travail publié sous le titre *Démonstration du théorème de Fermat*, M. Eugène Fabry essaie de démontrer l'impossibilité de l'équation

$$x^\lambda + y^\lambda + z^\lambda = 0$$

en nombres entiers premiers à λ, en partant d'un système de congruences fournies par la méthode connue de Kummer.

De ces congruences initiales il déduit, par des combinaisons linéaires, le système suivant :

$$(1)\qquad \sum_s n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2} \ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s} \frac{q!}{\beta_1!\,\beta_2!\ldots\beta_s!}\, t^s(q - r_1) \equiv 0 \qquad (q = 1, 2, \ldots, \lambda - 2),$$

où $\Sigma\beta_i = q$, n_{γ_1}, n_{γ_2}, $\ldots$, n_{γ_s} sont s quelconques des $\mu = \frac{\lambda - 1}{2}$ nombres

entiers n_i déterminés à l'aide d'une règle donnée par Kummer et r_1 le nombre des exposants β_i égaux à 1.

Du système (1) M. Fabry déduit une suite de congruences nouvelles, dans lesquelles l'exposant du facteur $q - r_1$ n'est plus un, mais un nombre entier quelconque m.

Mais le raisonnement de M. Fabry présente malheureusement une lacune.

Désignons le premier membre de (1) par P_q. Pour arriver à ses congruences nouvelles, M. Fabry envisage le produit $P_{q-1}(n_1 + n_2 + \ldots + n_\mu)$ qui est une somme de termes de la forme

$$n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2} \ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s}$$

affectés de coefficients que M. Fabry détermine de la manière suivante : il observe que chacun de ces termes provient d'un ensemble de termes de P_{q-1} de la forme

$$(a) \qquad n_{\gamma_1}^{\beta_1} \ldots n_{\gamma_i}^{\beta_i - 1} \ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s}$$

multipliés par des n_{γ_i}.

M. Fabry n'envisage que deux cas : celui où l'exposant β_i est égal à 1 et celui où il est > 1. Mais, en réalité, il y a lieu d'en distinguer trois : celui où $\beta_i = 1$, celui où $\beta_i = 2$ et celui où $\beta_i > 2$. En effet, lorsque $\beta_i = 2$, le nombre des exposants de (a) égaux à 1 est $r_1 + 1$ et non r_1, comme le suppose implicitement M. Fabry (¹).

En désignant par r_2 le nombre des exposants β_i égaux à 2, on obtient la congruence

$$\sum n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2} \ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s} \frac{q-1\,!}{\beta_1!\,\beta_2!\ldots\beta_s!} \left\{ t^{s-1}(q-r_1)r_1 + t^s[(q-1-r_1)(q-r_1) - 2r_2] \right\} \equiv 0$$

qui diffère de celle de M. Fabry par la présence de $-2r_2$.

On voit que les transformations de M. Fabry ne conduisent pas aux relations qu'il énonce dans sa Communication.

BOTANIQUE. — *Remarques sur les affinités des principaux genres du groupe des Liguliflores.* Note de M. **Paul Lebard**.

On peut distinguer chez les Liguliflores trois formes principales de cotylédons [les deux premières formes ont déjà été signalées par M. Léon

(¹) E. Fabry, *Démonstration du théorème de Fermat*, p. 14.

Dufour et ont servi à cet auteur pour établir deux groupes de premier ordre dans les Liguliflores [1]] :

1° Des cotylédons sans pétiole, très allongés, effilés et ressemblant assez à des aiguilles de Pins. Parmi les genres peu nombreux caractérisés par ce type de cotylédons, je citerai les *Scorzonera*, *Podospernum*, *Tragopogon* (tribu des Scorzonéridées);

2° Des cotylédons courts, présentant un limbe bien développé, plus ou moins ovale et nettement distinct du pétiole (tribu des Cichoridées: *Cichorium*, *Taraxacum*, *Helminthia*, etc.);

3° Des cotylédons intermédiaires entre les précédents, assez allongés et en forme de languette; le limbe, pas très large, s'atténue insensiblement jusqu'à la base, en sorte que le pétiole n'est pas nettement caractérisé (tribu des Léontodonidées : *Leontodon*, *Thrincia*, *Hypochœris*, etc.).

Comme les caractères tirés des cotylédons concordent presque exactement avec ceux déduits d'autres variations morphologiques et avec les indications fournies par l'anatomie, j'ai pu, comme l'indique la figure 1, faire intervenir le cotylédon dans la classification afin d'établir des rapprochements entre les principaux genres et groupes.

Les trois formes principales de cotylédons que je viens de signaler sont en effet reliées entre elles par toute une série d'intermédiaires dont les variations insensibles permettent de passer des cotylédons les plus effilés (*Scorzonera*) aux cotylédons les plus élargis (*Sonchus*).

Parmi les liaisons que le cotylédon permet d'établir, certaines ont été obtenues expérimentalement :

1° Par le développement de jeunes germinations à des luminosités inférieures à la lumière solaire directe, j'ai pu faire apparaître des modifications de forme du cotylédon, et ces variations m'ont permis de confirmer les affinités que certains genres présentent avec d'autres moins bien adaptés à une forte insolation.

Comme exemple, je citerai le *Leontodon* qui, par ses cotylédons en languette, devenant très effilés à de faibles intensités lumineuses, établit la transition des Scorzonéridées avec les Léontodonidées.

De même, les Lampsanées se relient à la sous-famille des Tubuliflores par l'intermédiaire du *Scolymus*, dont les cotylédons rappellent ceux du *Cichorium*, mais deviennent plus élancés et ressemblent aux cotylédons

---

[1] Léon Dufour, *Observations sur les affinités et l'évolution des Chicoracées* (*Comptes rendus*, 30 septembre 1907).

normaux du *Leontodon* chez les plantules développées à de faibles luminosités.

2° Certains cotylédons se modifient en vieillissant et leur nouvelle forme fournit des renseignements intéressants sur les rapprochements que des

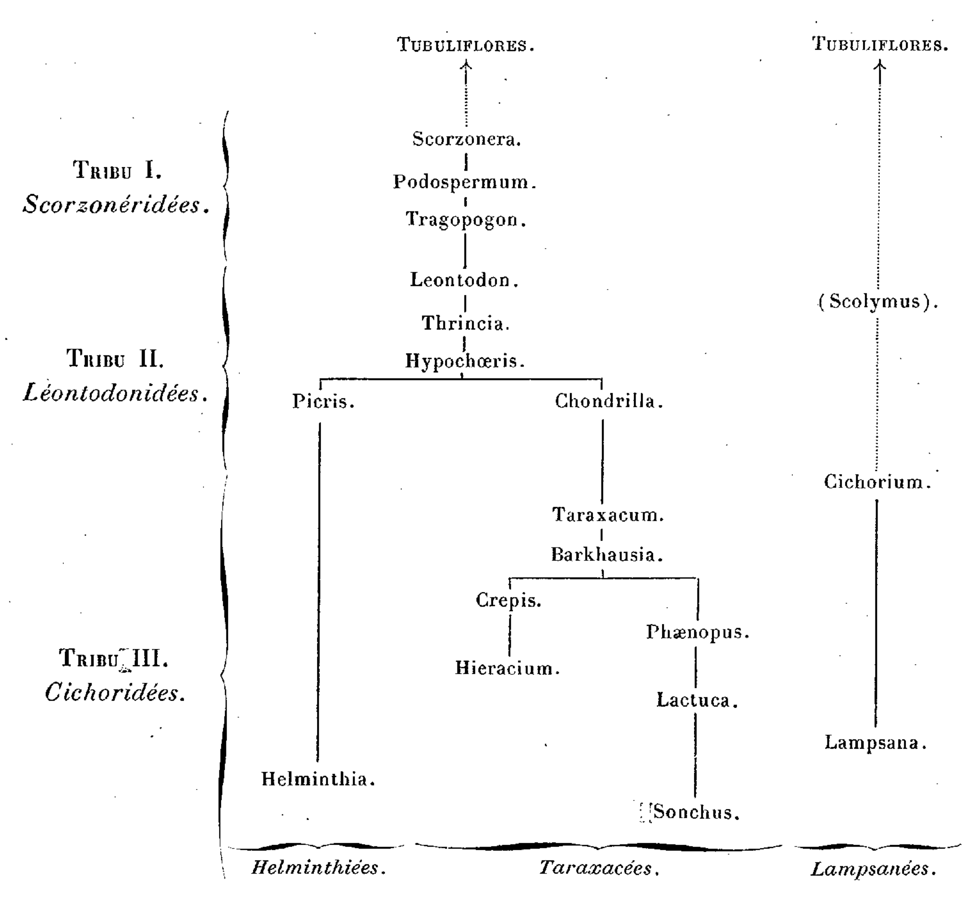


Fig. 1. — Relations entre les principaux genres de Liguliflores.

genres ou des groupes peuvent présenter. Cette transformation ne se produit souvent qu'assez tard, si bien que, dans les conditions normales de développement, elle n'a pas le temps d'apparaître avant l'étiolement et la disparition des cotylédons.

J'ai remédié à cet inconvénient en pratiquant des semis très serrés, ce qui amenait un retard dans le développement de la partie aérienne de la plante et l'apparition des feuilles primordiales. Je suis ainsi arrivé à pro-

longer très longtemps, jusqu'à plusieurs mois, la durée d'existence des cotylédons.

On peut constater par ce procédé que les cotylédons en languette de l'*Hypochœris radicata* présentent à un état âgé, dans leur tiers inférieur, une brusque diminution de la largeur du limbe, en sorte que le pétiole peut être parfaitement délimité. Cette remarque nous amène à conclure que le genre *Hypochœris* se rapproche plus des Cichoridées que des Scornozéridées.

Le passage des Léontodonidées aux Cichoridées s'opère par l'intermédiaire des genres *Picris* et *Chondrilla*. Chez le *Picris hieracioides*, par exemple, on rencontre deux sortes de plantules. Les unes, de beaucoup les plus nombreuses, présentent des cotylédons en languette qui conservent sensiblement la même forme pendant toute la durée de leur existence. Les autres présentent des cotylédons plus courts qui prennent, en vieillissant, une forme caractéristique des Cichoridées : le pétiole est devenu très net et court; le limbe représente une ellipse peu allongée.

En résumé, ainsi que le montre ces quelques exemples, il est intéressant de noter qu'en ce qui concerne la sous-famille des Liguliflores, le cotylédon constitue un excellent caractère de classification et que, de plus, les modifications de forme du cotylédon obtenues expérimentalement soit par semis très serrés (pour obtenir des cotylédons âgés), soit par variations de la luminosité, fournissent des renseignements importants sur les affinités des divers genres.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Chlorose* calcaire *des plantes vertes. Rôle des excrétions des racines dans l'absorption du fer des sols calcaires.* Note de MM. **P. Mazé**, **M. Ruot** et **M. Lemoigne**.

Nous avons montré que la chlorose attribuée à la richesse excessive du sol en calcaire est due à l'insolubilisation du fer par le carbonate de calcium [1]; nous avons ajouté que les plantes qui souffrent ainsi du manque de fer ne doivent pas être en mesure de dissoudre ses oxydes parce que les excrétions des racines sont privées d'acides minéraux et organiques libres.

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 435.

Nous avons justifié cette induction par quelques séries d'expériences que nous résumons dans cette Note.

Nos investigations ont porté sur la *vesce de Narbonne* et sur le *pois caractacus*.

On les a cultivés en milieu aseptique, dans des solutions de compositions variées : la vesce de Narbonne dans la solution I et le pois dans les solutions II, III, IV et V du Tableau suivant :

	I.	II.	III.	IV.	V.
	g	g	g	g	
Nitrate de calcium	1	0,5	0,5	0,5	La même que I diluée de moitié.
Phosphate de potassium (¹).	0,25	»	»	0,25	
Sulfate d'ammonium	0,2	»	0,1	0,2	
Sulfate de magnésium	0,05	0,25	0,2	0,1	
Sulfate ferreux...........	0,025	0,005	0,025	0,025	
Chlorure de calcium.......	0,1	»	0,1	0,1	
Silicate de potassium......	0,025	»	»	0,025	
Sulfate d'aluminium.......	0,025	»	»	»	
Chlorure de manganèse....	0,025	»	0,025	0,025	
Chlorure de zinc..........	traces	»	»	traces	
Eau de source............	1000	1000	1000	1000	
Sulfate de potassium	»	0,25	0,2	»	
Sulfate de calcium........	»	0,25	»	»	
Phosphate tricalcique	»	0,25	0,5	»	
Chlorure de sodium	»	0,25 (²)	»	»	

Additionnées de 2 pour 100 de carbonate de calcium, toutes ces solutions ont provoqué une chlorose très intense de la vesce et du pois; la maladie s'est déclarée aussi sur les pois végétant dans les solutions témoins privées de carbonate de calcium.

L'évolution de la maladie a suivi une marche identique à celle que nous avons observée en 1912.

On vérifie, au moyen de quelques gouttes d'azotate de fer en solution à 0,1 pour 1000, que la décoloration est bien due encore au manque de fer; puis on traite la moitié des plantes malades groupées en deux lots en introduisant dans les liqueurs nutritives quelques centimètres cubes de l'une des solutions 1 et 2.

(¹) Ramené presque à la neutralité à la phénolphtaléine par addition de potasse.

(²) Cette solution est celle que E. Laurent a employée pour la culture du pois.

Solution 1.		Solution 2.	
Sel de Seignette..	0^{g},1	Citrate de sodium..	0^{g},1
Acide tartrique..	0,01	Acide citrique.....	0,01
Eau distillée.....	1000	Eau distillée.......	1000

Les acides organiques ont pour but de dissoudre de petites quantités de fer en présence de carbonate de calcium et de permettre aux racines d'en emprunter à la solution.

Ce traitement fait, les plantes malades verdissent au soleil au bout de deux ou trois jours suivant la pureté du ciel. Les vesces reprennent peu à peu la couleur verte normale des témoins, qui ne présentent à aucun moment la moindre trace de décoloration; elles reprennent leur activité pendant que les plantes chlorotiques non traitées perdent leurs feuilles et dépérissent.

L'apparition de la maladie est annoncée du côté des racines par une coloration rose de la liqueur nutritive; les racines prennent elles-mêmes une teinte ocreuse. L'acidification très légère de la liqueur par les solutions 1 ou 2 fait disparaître graduellement la teinte rosée et les radicelles qui se forment par la suite sont blanches comme celles des témoins.

Les pois ont donné des résultats identiques, avec cette différence, nous le répétons, que la chlorose s'est déclarée aussi, avec un retard variable suivant la solution, chez les plantes témoins.

La coloration rose de la liqueur s'est encore montrée corrélative à l'évolution de la maladie; elle a disparu par le traitement comme chez les vesces.

La généralisation de la maladie, même en l'absence de carbonate de calcium, s'explique par la présence de fortes quantités de calcium soluble dans les solutions. Le calcium absorbé est éliminé en partie par les racines à l'état de carbonate; le fer se trouve ainsi insolubilisé à l'endroit même où il doit être absorbé.

Le traitement par les solutions acides a fait reverdir les plantes malades, beaucoup plus décolorées d'ailleurs que les vesces chlorotiques; mais l'amélioration n'a pas été définitivement acquise, par un traitement, sur toutes les plantes; un deuxième traitement plus énergique a eu raison des plus résistantes.

Des quatre solutions employées pour la culture du pois, c'est III qui s'est montrée la meilleure en retardant plus longtemps l'apparition du mal.

Les deux solutions acides employées pour dissoudre le fer sont également efficaces.

Nous avons donc provoqué à volonté l'apparition de la chlorose *calcaire* chez des plantes qui supportent pourtant, dans les conditions naturelles, d'assez fortes doses de calcaires; mais la présence de sels de chaux solubles et l'addition de carbonate de calcium placent nos plantes dans les conditions que leur créerait un sol crayeux, gorgé d'eau, dont tous les éléments insolubles seraient incrustés de calcaires.

L'introduction de petites quantités d'acides organiques libres, dans la solution, dissout de minimes portions de fer et fait disparaître la chlorose.

Les plantes résistantes n'agissent pas autrement; et si les vignes américaines deviennent chlorotiques dans les sols calcaires, c'est parce que leurs excrétions radiculaires ne sont pas assez acides; cela ne veut pas dire que l'acidité de la sève soit inférieure à celle des plants résistants; mais cela prouve que la combustion des acides organiques, aliments de la plante, est plus complète dans les racines des espèces sensibles à la chlorose.

Un composé ferrique soluble, en présence de carbonate de calcium, introduit dans la terre, aura toujours raison de la maladie; mais il devra en même temps résister aux agents de destruction chimiques ou microbiochimiques, toutes conditions difficiles à réunir.

Le meilleur traitement préventif reste donc encore celui qui consiste à badigeonner les ceps et les sections des coursons avec une solution de sulfate de fer.

Comme remède, c'est l'azotate de fer qui est indiqué. Pulvérisée sur les feuilles, une solution d'azotate de fer à 0,2 pour 1000 est absorbée en quelques heures et ne peut manquer de produire un résultat rapide.

Le sulfate de fer convient mieux aux légumineuses avides de soufre, élément dont la pénurie entraîne aussi une chlorose intense, comme l'un de nous l'a montré.

ANTHROPOLOGIE. — *Analyse comparative de quelques grandeurs du corps chez les Tatars des deux sexes.* Note de M. **Eugène Pittard**, présentée par M. A. Laveran.

L'étude anthropologique des Tatars est loin d'être faite avec des détails suffisants.

Au cours de cinq voyages dans la Péninsule des Balkans, j'ai mesuré

moi-même un très grand nombre de représentants de ce groupe ethnique, originaires de différentes tribus. Le terme de Tatar est une étiquette appliquée sur un complexe ethnique dont les éléments principaux ont été empruntés : d'une part aux peuples mongoloïdes d'Asie, d'autre part aux Touraniens, aux Turcs, traversés par l'invasion mongole et qui ont suivi la fortune politique de celle-ci.

Malgré quelques difficultés, celles que nous rencontrons toujours chez les Musulmans, j'ai pu mesurer un certain nombre de femmes tatares. Cette série féminine, qui se compose de 38 sujets, me permet d'analyser comparativement les principaux caractères du corps, du crâne et de la face, chez les deux sexes.

Voici le résumé de cette analyse :

La différence sexuelle de la taille, chez les Tatars, est de 11^{cm} (hommes : $1^{m},657$; femmes : $1^{m},549$). C'est la différence qu'on trouve habituellement chez les peuples ethniques de taille moyenne.

Le buste est relativement plus développé, ce qui est normal, chez les femmes que chez les hommes (grandeur absolue du buste : hommes 889^{mm}; femmes 828^{mm}; longueur des jambes : hommes 803^{mm}; femmes 721^{mm}).

Les bras sont relativement moins longs chez les femmes que chez les hommes.

Les deux dimensions horizontales du crâne (diamètre antéro-postérieur maximum et diamètre transversal) sont, relativement à la taille, plus développées chez les femmes que chez les hommes.

Il en est de même de la largeur du front (frontal minimum).

Par contre, la hauteur du crâne est relativement plus développée chez les hommes. Et ce développement plus grand l'est aussi bien par rapport à la taille totale que par rapport au buste.

La plus grande largeur de la face, représentée par le diamètre bizygomatique, est, relativement à la taille, la même dans les deux sexes.

Au contraire, la hauteur totale du visage, et ses deux segments ophryo-alvéolaire et ophryo-nasal, sont relativement plus développés chez les hommes.

Les femmes tatares ont la longueur du nez relativement plus grande que les hommes; la largeur de cet organe, au contraire, est, chez elles, relativement plus petite.

L'indice nasal indique que les hommes sont, en moyenne, mésorrhiniens, tandis que les femmes sont leptorrhiniennes (hommes : 70,97; femmes : 68,39).

L'oreille est, relativement, plus développée chez les femmes que chez les hommes. (Pour la hauteur du pavillon, rapport à la taille : hommes, 3,93; femmes, 4,05; pour la largeur du pavillon : hommes, 2,17; femmes, 2,21.)

La longueur de l'ouverture palpébrale est relativement plus grande chez les hommes que chez les femmes (rapport à la taille : hommes, 1,98; femmes, 1,97).

La bouche est, relativement, moins développée chez les hommes que chez les femmes.

Si nous cherchons, en comparant des grandeurs *absolues*, quels sont, entre les deux sexes, les rapports de la taille et de ses segments, ainsi que ceux du crâne et de la face, nous trouvons :

Si l'homme égale 100, la femme tatare égale :

par la taille totale	93,3
par la hauteur du buste	94,2
par la longueur des jambes	92,4
par la grande envergure	92,3
Crâne :	
par le diamètre antéro-postérieur	96,4
par le diamètre transversal	97,1
par le diamètre métopique	97,01
par la largeur du front	95,9
par la hauteur du crâne	92,3
Face :	
par la largeur bijugale	94,3
par la largeur bizygomatique	93,3
par la hauteur ophryo-mentonnière	88,8
par la hauteur ophryo-alvéolaire	90,7
par la hauteur ophryo-nasale	89,6
par la longueur du nez	94,1
par la largeur du nez	91,4
par la longueur de l'oreille	96,2
par la largeur de l'oreille	95,3
par le diamètre biangulaire externe	94,9
par le diamètre biangulaire interne	98,8
par la largeur interoculaire	93,3
par la longueur de la bouche	95,1

En tenant compte de ces diamètres absolus seulement, nous pouvons dire que les femmes tatares se rapprochent le plus des hommes du même

groupe ethnique, d'abord par le diamètre biangulaire interne (qui est un caractère de race évident), puis par les deux diamètres crâniens : transversal et métopique. Ensuite viennent le diamètre antéro-postérieur maximum du crâne et la longueur de l'oreille.

Les femmes tatares s'éloignent le plus des hommes, d'abord par la hauteur totale du visage et par ses segments, puis par la largeur du nez, la hauteur du crâne, la grande envergure et la longueur des jambes.

Les constatations ci-dessus sont à rapprocher de celles du même ordre obtenues sur d'autres groupes humains.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absorption des rayons visibles et ultraviolets par les pigments carotinoïdes.* Note [1] de MM. **Ch. Dhéré** et **L. Rynck**, présentée par M. A. Dastre.

Tswett a réuni sous le nom de *carotinoïdes* les pigments jaunes (carotine et xanthophylles) qui accompagnent, dans les feuilles, les chlorophylles α et β. L'étude des propriétés optiques des carotinoïdes est, pour ainsi dire, inséparable de l'étude des propriétés optiques des chlorophylles. Aussi, avant de publier leurs recherches sur l'absorption des rayons ultraviolets par les chlorophylles [2], Dhéré et de Rogowski avaient examiné soigneusement l'absorption de ces mêmes rayons par les pigments carotinoïdes. Nous avons repris et complété leur travail sur ce sujet, travail resté jusqu'à présent inédit.

1° *Spectre d'absorption de la carotine.* — La carotine a été préparée par le procédé de Tschirch, perfectionné sur plusieurs points :

Des carottes, débarrassées de leur partie centrale, furent hachées, lavées pendant 24 heures dans un courant d'eau, puis soumises à une pression de 150^{kg} à 250^{kg} par centimètre carré. Le gâteau obtenu, désagrégé à la main, fut mis à macérer pendant 24 heures dans de l'alcool à 96°. Les morceaux de carottes furent alors soumis à une pression de 300^{kg} et, après émiettement du gâteau, mis à sécher, à l'obscurité, dans le vide et au-dessus de $CaCl^2$. On épuisa le produit sec, pulvérisé, par l'éther éthylique, dans un appareil Soxhlet à joints rodés. On concentra les extraits éthérés par évaporation sous pression réduite dans un exsiccateur contenant de la paraffine et du chlorure de calcium; et, en procédant par cristallisations fractionnées, on parvint, dans certains cas, à obtenir de la carotine parfaitement cristallisée, non souillée d'impuretés

(1) Présentée dans la séance du 4 août 1913.

(2) Dhéré et de Rogowski, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 653.

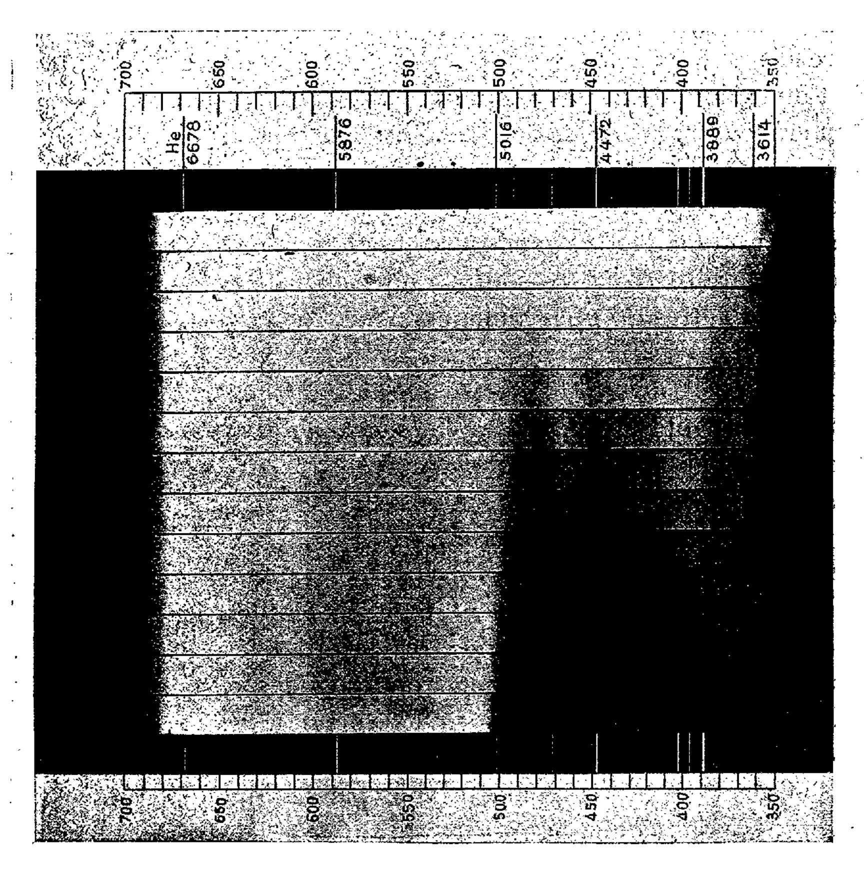


Fig. 1. — Spectre d'absorption normal de la carotine (région visible).

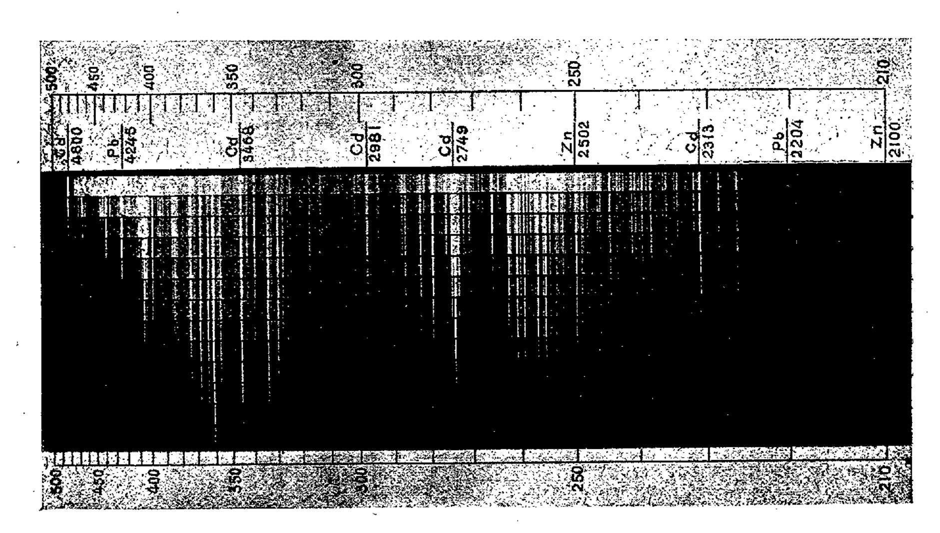


Fig. 2. — Spectre d'absorption *prismatique* de la carotine (région ultraviolette).

incolores. Les cristaux, après lavage à l'alcool, furent séchés jusqu'à poids constant dans une atmosphère de CO^2, sous une pression très réduite.

Nous avons photographié, d'une part, au moyen d'un spectrographe à réseau par transmission (¹) et, d'autre part, au moyen d'un spectrographe à prisme et lentilles de quartz, les spectres d'absorption fournis par une solution contenant environ 1^{cg} de carotine dans 1^l d'éther éthylique anhydre; les épaisseurs consécutives étaient, en millimètres : 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 25; 30; 35; 40; 50.

Les limites que nous indiquons ci-dessous ont été relevées : pour les radiations visibles, sur le spectrogramme *normal* (²); pour les radiations ultraviolettes, sur le spectrogramme *prismatique*.

Épaisseur (mm.).	Bande I λ (μμ).	Bande II λ (μμ).	Bande III λ (μμ).	Dernière raie λ (μμ).
10.........	489,2-474,1	457,0-443,1	traces	214,4
20.........	492,1-470,0	460,9-439,3	433,0-415,2	220,4
35.........	496,9 »	»	» 410,5	231,3

Un autre échantillon de carotine cristallisée, préparé par de Rogowski au moyen, en partie, de la méthode de Tswett, présentait, en solution dans l'éther éthylique, une transparence encore un peu plus grande pour l'ultraviolet : alors que les trois bandes d'absorption étaient fusionnées, le violet et l'ultraviolet étaient transmis, sans affaiblissement notable, de $\lambda\, 406^{\mu\mu}$ à $\lambda\, 226^{\mu\mu}$.

2° *Spectre d'absorption des xanthophylles.* — En procédant aussi par la méthode spectrographique, nous avons déterminé les limites des bandes et de l'extrémité ultraviolette du spectre d'absorption des xanthophylles α, α' et α'' mélangées, dissoutes dans l'éther éthylique anhydre; ces xanthophylles avaient été préparées, à partir de feuilles de *Taxus baccata*, au moyen de la technique d'adsorption, due à Tswett.

Sous une épaisseur moyenne, nous avions : bande I, λ (μμ) 482,5-467,5; bande II, 453,9-435,8; bande III, 424,6-413,1; dernière raie, 226,5. La bande III est plus distincte que celle de la carotine; la transparence pour

(¹) Cf. DHÉRÉ, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXXV, 1913, p. 23.

(²) Nous tenons à faire remarquer que, sur le cliché, et plus encore sur la reproduction du spectre normal, le début de l'absorption correspond à une épaisseur de la solution bien plus grande que celle nécessaire pour l'apparition de l'absorption à l'examen spectroscopique. Notons aussi que la bande d'absorption sur $\lambda\, 380^{\mu\mu}$ n'appartient pas à la carotine.

l'ultraviolet est, sous les grandes épaisseurs, au moins égale à celle de la carotine.

On voit donc que les carotinoïdes présentent une transparence relative vraiment considérable pour toutes les radiations ultraviolettes jusqu'au voisinage de λ $225^{\mu\mu}$ (1).

M. **Albert Nodon** adresse une Note intitulée : *La fabrication électrolytique de l'acide nitrique et des nitrates dans les tourbières.*

M. **J. de Zacovenko** adresse une *Description de la construction d'un nouveau système de foyer destiné à tous genres de chaudières.*

(Renvoi à l'examen de M. H. Léauté.)

M. **A. Pécsi** adresse une Note intitulée : *Quelques déformations de la Terre.*

(Renvoi à l'examen de M. Hatt.)

La séance est levée à 3 heures et demie.

G. D.

---

(1) Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement, nous publierons les reproductions des spectrogrammes des xanthophylles, et nous ferons un exposé critique des travaux antérieurs sur les spectres d'absorption des carotinoïdes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. C. JORDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. P. Appell fait hommage à l'Académie d'une Notice qu'il a consacrée à *Henri Poincaré*.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre des Finances invite l'Académie à lui présenter une liste de trois candidats au poste d'Essayeur, vacant à l'*Administration des Monnaies*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

J. Séailles. *La répartition des fortunes en France*. (Présentée par M. P. Appell.)

ASTRONOMIE. — *Observation de l'occultation des Pléiades par la Lune, faite le 20 septembre 1913 à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. J. Guillaume.

La présence des nuages a gêné, puis arrêté complètement l'observation; par suite, les seuls phénomènes qui suivent ont pu être notés :

Étoile.	Phénomènes.	T. m. Lyon.	Remarques.
17 *b* (4,0)........	Im.	12h.10m.41s,5	En contact 0s,2 avant disparition derrière une aspérité de 4″.
20 *c* (4,2)........	Im.	12.53.25,7	En contact 0s,4; l'étoile a paru s'aplatir avant disparition pas très brusque.
19 *e* (4,6)........	Im.	12.58.17,1	Contact 1s avant, puis l'étoile s'enfonce dans le limbe et disparaît brusquement.
17 *b* (4,0)........	Ém.	13.20.20,8	
16 *g* (5,8)........	Ém.	13.27.43,8	
Anon. 12 (7,2)...	Im.	13.39.10,4	Très difficile à suivre.
Anon. 24 (7,2)...	Im.	13.46.10,1	Très difficile à suivre; disparition dans une dépression du limbe.
Anon. 4 (7,5)....	Ém.	13.58.12,3	Vue brusquement.
21 *k* (6,2)........	Ém.	14. 0.38,9	Vue brusquement, probablt en retard.
Anon. 2 (7,9)....	Ém.	14. 1.58,7	Étoile faible; vue à ce moment.
20 *c* (4,2)........	Ém.	14. 6.25,9	Des nuages passent.

Les immersions se faisaient au bord brillant, et les émersions au bord obscur, complètement invisible.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes harmoniques quelconques.* Note de M. **Léopold Fejér**, présentée par M. Émile Picard.

Soit $u(x,y)$ une *fonction harmonique* quelconque des deux variables réelles x et y. Soient x_0, y_0 un point quelconque du plan et C un cercle de rayon quelconque de centre x_0, y_0. Alors il est bien connu qu'en désignant par M le maximum, par m le minimum de la fonction $u(x,y)$ sur le cercle C, on a

$$m \leqq u(x_0, y_0) \leqq M, \tag{1}$$

en supposant par exemple que la fonction $u(x,y)$ soit régulière dans C et sur C.

J'ai obtenu pour les *polynomes harmoniques* quelconques (c'est-à-dire pour une fonction rationnelle entière quelconque des variables x, y, satisfaisant à l'équation de Laplace), un résultat plus précis. Voici le théorème :

Soit $P(x,y)$ *une fonction rationnelle entière quelconque des variables réelles* x *et* y *à coefficients réels, qui satisfait à l'équation de Laplace* $\Delta P(x,y) = 0$.

Soient x_0, y_0 un point quelconque du plan de représentation et C *un cercle quelconque de centre x_0, y_0 et de rayon ρ. Alors, en désignant par* M *le maximum, par m le minimum du polynome* P (x, y) *sur le cercle* C, *on a*

$$(2) \qquad m + \frac{M-m}{n+1} \leqq P(x_0, y_0) \leqq M - \frac{M-m}{n+1},$$

en désignant par n le degré du polynome harmonique P (x, y). *Si c'est le signe d'égalité qui est valable ici pour un polynome harmonique* P (x, y) *d'ordre au plus égal à n (pour le point x_0, y_0 et pour une certaine valeur ρ du rayon du cercle* C), *alors* P (x, y) *est la partie réelle d'un polynome de la variable complexe z à coefficients complexes de la forme*

$$\gamma + \alpha \{ n[\omega(z-c)] + (n-1)[\omega(z-c)]^2 + \ldots + [\omega(z-c)]^n \},$$

où γ et α désignent des nombres réels quelconques, c et ω des nombres complexes quelconques $\left(c = x_0 + iy_0, \text{ et } |\omega| = \frac{1}{\rho}\right)$.

La démonstration est basée sur le théorème suivant :

Soit

$$(3) \qquad \varphi(\theta) = 1 + a_1 \cos\theta + b_1 \sin\theta + \ldots + a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta$$

un polynome trigonométrique quelconque d'ordre au plus égal à n, et non négatif *pour chaque valeur de θ. Alors on a*

$$(4) \qquad \varphi(0) \leqq n + 1.$$

Si c'est le signe d'égalité qui est valable dans (4) *pour $\varphi^*(\theta)$, d'ordre au plus égal à n, alors*

$$\varphi^*(\theta) = 2\,\frac{(n+1)\frac{1}{2} + n\cos\theta + \ldots + \cos n\theta}{n+1} = \frac{1}{n+1}\left[\frac{\sin(n+1)\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}\right]^2.$$

En effet [1]

$$(5) \qquad \varphi(0) = \frac{1}{2\pi}\int_0 \varphi(\theta)(1 + 2\cos\theta + \ldots + 2\cos n\theta)\,d\theta.$$

---

[1] On conclut de (5) que, pour une *fonction quelconque $f(\theta)$ non négative* et intégrable pour $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$, on a $s_n(0) \leqq 2n+1$, en désignant par $s_n(\theta)$ la somme des $(n+1)$ premiers termes de sa série de Fourier, dont le terme absolu est supposé être égal à 1.

Considérons la fonction rationnelle de la variable complexe $z = re^{i\theta}$,

$$(6)\qquad Q(z) = n+1-\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1+ze^{i\theta_\nu}}{1-ze^{i\theta_\nu}}$$
$$= \frac{1+3z+5z^2+\ldots+(2n+1)z^n}{1+z+z^2+\ldots+z^n}$$
$$= 1+2z+2z^2+\ldots+2z^n+q_{n+1}z^{n+1}+q_{n+2}z^{n+2}+\ldots,$$

où

$$\theta_\nu = \nu\frac{2\pi}{n+1}\qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n).$$

Elle est régulière pour $r<1$, et sa partie réelle

$$(7)\qquad \mathrm{PR}[Q(z)] = n+1-\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\theta+\theta_\nu)+r^2}$$

est $< n+1$ pour $r<1$. On a donc ([1]), pour $r<1$,

$$(8)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi(\theta)(1+2r\cos\theta+\ldots+2r^n\cos n\theta)\,d\theta$$
$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi(\theta)[1+2r\cos\theta+\ldots+2r^n\cos n\theta+q_{n+1}r^{n+1}\cos(n+1)\theta+\ldots]\,d\theta$$
$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi(\theta)\,\mathrm{PR}[Q(re^{i\theta})]\,d\theta < (n+1)\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi(\theta)\,d\theta = n+1.$$

En passant maintenant à la limite $r = 1$ dans l'inégalité (8), on obtient le résultat voulu

$$\varphi(0) \leqq n+1.$$

Pour

$$(9)\qquad \varphi^*(\theta) = 2\frac{(n+1)\frac{1}{2}+n\cos\theta+\ldots+\cos n\theta}{n+1} = \frac{1}{n+1}\left[\frac{\sin(n+1)\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}\right]^2,$$

on a effectivement $\varphi^*(0) = n+1$, et l'on peut démontrer que ce polynome de cosinus est le seul polynome dans l'ensemble des polynomes (3) qui satisfait à la relation $\varphi(0) = n+1$.

Maintenant, le théorème énoncé sur les polynomes harmoniques se déduit facilement de ce théorème sur les polynomes trigonométriques non négatifs.

([1]) Ce procédé d'ajouter des termes complémentaires convenables se trouve appliqué dans plusieurs travaux de M. Landau sur les séries de puissances.

J'ajoute que la fonction rationnelle (6) (dont l'application pourrait sembler peut-être artificielle) s'obtient méthodiquement par la solution d'une équation de minimum, traitée dans un travail de M. Carathéodory et moi [1]. En effet, il faut ici chercher un développement harmonique (infini) qui commence par

$$1 + 2r\cos\theta + \ldots + 2r^n\cos n\theta$$

et dont la borne supérieure pour $r < 1$ est la plus petite possible. Par l'application de la méthode de M. Carathéodory, on obtient que ce minimum de la borne supérieure est $n + 1$, et que c'est la fonction harmonique (7) pour laquelle ce minimum de la borne supérieure est atteint.

Enfin, je remarque que j'ai développé dans un travail (qui sera publié prochainement) une théorie algébrique générale des *polynomes* trigonométriques, qui se rattache aux travaux algébriques de M. Tœplitz se rapportant aux séries trigonométriques. Les résultats de la Note présente sont des corollaires simples de ma théorie algébrique des polynomes trigonométriques.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les représentations continues des surfaces sur elles-mêmes.* Note de **H. Tietze**, présentée par M. Jordan.

Désignons par R, R_0, R_1, R_2, ... des représentations biunivoques et continues d'une surface S ouverte de connexion simple [2] sur elle-même. Sur ces représentations on peut énoncer le théorème suivant :

(a). *Une représentation* R_0, *qui n'altère pas un sens donné de* S, *est une déformation* [3] *de* S *en elle-même, c'est-à-dire : il existe un passage continu, au moyen de représentations* R, *de* R_0 *à l'identité.*

On peut déduire (a) immédiatement du lemme suivant (b) dont une démonstration détaillée sera publiée ailleurs :

(b). Étant donné sur S deux lignes simples et continues, l, l', lignes de

(1) C. Carathéodory et L. Fejér; *Ueber den Zusammenhang der Extremen von harmonischen Funktionen mit ihren Koeffizienten und über den Picard-Landauschen Satz* (*Rendiconti di Palermo*, Satz VII, 2e semestre 1911, p. 224).

(2) Ensemble qu'on peut déduire du cercle $x^2 + y^2 \leqq 1$ par une représentation biunivoque et continue.

(3) Voir *Monatshefte für Math. u. Phys.*, t. XIX, 1908, p. 89.

Jordan, S n'ayant avec la frontière de S aucun point en commun excepté les deux extrémités, qui sont les mêmes pour l et l', il existe une déformation de S en elle-même, pour laquelle tout point frontière reste inaltéré, et qui transforme l' en l.

En effet, prenons pour S un carré ABCD, ce qu'on peut faire sans restreindre la généralité; soient EF et GH les symétrales de ses côtés, O son centre.

Soit D_0 une déformation de S, facilement construite, qui, pour les points frontières de S, donne la même transformation que R_0. Ainsi pour $D_0^{-1} R_0 = R_1$, tous les points frontières resteront inaltérés. Soit $EaF = l'_1$ la ligne qui par R_1 est transformée en la symétrale $EF = l_1$. D'après (b) on peut construire une déformation D_1 de S qui transforme l'_1 en l_1; et, comme on le voit aisément, on pourra admettre qu'en ce qui concerne l'_1 et l_1 les deux représentations D_1 et R_1 coïncident. Or, par la représentation $D_1^{-1} R_1 = R_2$ chacun des rectangles ABGFOE, CHDFOE est transformé séparément en lui-même. Soient $GbO = l'_{21}$, $OcH = l'_{22}$ les lignes continues, dont les images par R_2 sont $GO = l_{21}$ et $OH = l_{22}$, moitiés de la symétrale GH. Notre lemme (b) donne pour chacun des deux rectangles une déformation en lui-même, par lesquelles l'_{21} et l'_{22} sont transformés en l_{21} et l_{22}. De cette manière il résulte une déformation D_2 du carré en lui-même qui coïncide avec la représentation R_2 pour tous les points frontières des quatre petits carrés en lesquels S est divisé par EF et GH. Autrement, la représentation $D_2^{-1} D_1^{-1} R_1 = D_2^{-1} D_1^{-1} D_0^{-1} R_0$ ne diffère pas pour ces points de l'identité.

En continuant de cette manière à subdiviser les carrés et rectangles obtenus et à construire des déformations convenables de ces parties de notre carré primitif, nous obtiendrons une suite illimitée $D_1, D_2, \ldots, D_n, \ldots$ de déformations. $D_n^{-1} D_{n-1}^{-1} \ldots D_0^{-1} R_0$ ne différera pas de l'identité pour tous les points d'un réseau de carrés ou de rectangles d'autant plus étroit que n sera plus grand. En passant à la limite on obtient $\lim D_n^{-1} \ldots D_0^{-1} R_0 = 1$, c'est-à-dire R_0 est égale à la représentation $\lim\limits_{n=\infty} D_0 D_1 \ldots D_n$, qui est immédiatement reconnue être une déformation. Le théorème (a) est ainsi démontré.

De (b) et (a) on peut déduire des conséquences variées concernant soit S, soit la sphère, soit une surface équivalente, et les lignes de Jordan *fermées*, qu'on peut tracer sur une de ces surfaces. Je me borne cependant à quelques mots sur les surfaces de connexion supérieure, soit bilatérales,

soit unilatérales. Une telle surface S peut être représentée par un polygone dans le plan, polygone fondamental π, dont quelques côtés sont assujettis, deux à deux, à des correspondances ponctuelles biunivoques et continues. Pour introduire alors d'une manière générale pour chaque ligne fermée l tracée sur S l'élément correspondant du groupe fondamental (1) G_S de S, il est à remarquer qu'une ligne l pourra avoir une infinité de points ou de segments de droite communs avec la frontière de π. Ce n'est pas le cas pour les lignes *polygonales* tracées sur S, ce qui permet de leur faire correspondre immédiatement un élément g du groupe fondamental. Il faudra démontrer le lemme (c) suivant, à savoir : *que toutes les lignes polygonales qui se rapprochent suffisamment* (2) *d'une ligne quelconque l ont le même élément correspondant g*, qui correspondra alors à l par définition. Nous énonçons le théorème suivant :

(d). *Deux lignes de Jordan fermées, l, l', tracées sur* S, *qui ont le même élément de* G_S *correspondant, peuvent être transformées l'une en l'autre par une déformation de* S (3).

Indiquons brièvement quelques lemmes au moyen desquels on obtient immédiatement une démonstration de (d) :

(f) Un théorème analogue à (d) pour le cas particulier où l, l' sont des lignes polygonales.

(g). Soient A la région annulaire $1 \leqq x^2 + y^2 \leqq 2^2$, g_m l'élément de g_π correspondant à la ligne médiane m $\left[x^2 + y^2 = \left(\frac{3}{2}\right)^2\right]$; chaque ligne fermée simple consistant tout entière en points intérieurs et correspondant à g_m peut être transformée en m par une déformation D de la région A en elle-même. Les points frontières de A restent inaltérés par D.

Pour chaque polygone simple fermé p sur une surface S on peut construire des bandes B_p homéomorphes à A, entourant p, avec deux lignes frontières polygonales, et de manière qu'il existe une représentation biunivoque et continue de A sur B_p, par laquelle m et p soient correspondantes.

---

(1) Poincaré, *Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, t. I, § 12 et 13; *voir* aussi *Enz.*, t. III, A. B. 3, p. 207; *Monatsh. f. M. u. Ph.*, t. XIX, p. 56 et suiv.; bien entendu l est pourvu d'un sens déterminé.

(2) C'est par exemple au moyen des notions introduites par M. Fréchet qu'on pourra donner un sens précis à cette expression.

(3) Le théorème inverse (e), *que deux lignes transformées l'une en l'autre par une déformation ont le même élément correspondant de* G_S, se déduit immédiatement du fait qu'évidemment (c) reste encore vrai lorsqu'on efface le mot *polygonales*.

(h). Pour les polygones p, se rapprochant suffisamment d'une ligne de Jordan fermée l, tracée sur S, on peut construire la bande $B_p = B$, de manière qu'elle contienne l à son intérieur et que pour p et l l'élément correspondant de G_B soit le même.

De (g) et (h) on obtient une déformation de B_p et en même temps de S, pour laquelle l est transformé en la ligne polygonale p. De là on arrive immédiatement à (d) en tenant compte de (e), (f). On voit de même que chaque système de lignes simples sur S, n'ayant qu'un nombre fini de points communs, peut être transformé par une déformation de S en un système de lignes polygonales.

De là on arrive à des théorèmes sur les classes en lesquelles sont réparties les transformations d'une surface en elle-même, dont la classe des déformations est la plus simple ([1]); de même on parvient à la démonstration que les *schemata* de deux surfaces homéomorphes sont homéomorphes eux-mêmes au sens de l'*Analysis situs* combinatoire, question des fondements de l'*Analysis situs* mentionnée ailleurs ([2]).

BOTANIQUE. — *Sur les rapports entre la tubérisation et l'infestation des racines par des champignons endophytes au cours du développement du* Spiranthes autumnalis. Note de M. C. **Beau**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le *Spiranthes autumnalis*, que ses caractères floraux placent parmi les Néottiées, se distingue des autres Orchidées indigènes de ce groupe par ce fait que ses organes souterrains ne sont point persistants, mais sont régulièrement et complètement remplacés chaque année, aussi bien que les organes aériens, par des parties nouvelles. C'est un mode de développement analogue à celui des Ophrydées.

Au moment de la floraison, un pied de *S. autumnalis* présente un faisceau de deux à cinq grosses racines tubérisées, napiformes, surmonté de l'axe floral, et portant une rosette latérale qui fera partie du pied de remplacement. Ces racines servent à la fois d'organes d'absorption et de réserve. Leur écorce est localement envahie par le mycélium endophyte; les régions infestées se distinguent par leur coloration jaune très accusée, due aux

([1]) Voir *Monatshefte*, *loc. cit.*, § 16.

([2]) *Ibid.* p. 13, 14; voir en particulier p. 14, note 9.

corps de dégénérescence contenus dans les cellules et provenant de la digestion des pelotons mycéliens. Seules, un petit nombre de cellules des couches corticales les plus externes renferment des lacis mycéliens vivants.

Vers la fin de la floraison, on voit naître de la base de la rosette latérale des mamelons dont le nombre varie de deux à cinq et qui ne sont autres que les rudiments des racines du nouveau pied; elles sont renflées, tuberculeuses dès leur naissance; l'amidon y apparaît d'abord dans la coiffe et bientôt dans les cellules corticales. Leur développement se poursuit lentement, aussi lentement que celui d'un tubercule d'Ophrydée; mais, tandis que celui-ci n'est jamais atteint par l'endophyte, qui reste localisé dans les racines grêles de la plante [1], les nouvelles racines du *S. autumnalis* sont nécessairement envahies à un moment donné de leur développement, puisque à l'époque de la floraison prochaine elles se montreront à leur tour abondamment infestées. Si l'on cherche à préciser le moment où se fait la pénétration de l'endophyte, on constate que les racines restent indemnes tant qu'elles n'ont pas atteint leur développement complet, qui demande plusieurs mois, et, dès qu'elles y sont parvenues, l'infestation se déclare.

Tant que leur tubérisation se poursuit, les jeunes racines restent, par leur base commune, en connexion vasculaire avec les anciennes qui, en même temps, se vident et se flétrissent peu à peu. Or, pendant toute cette période, celles-ci sont seules infestées. Si donc, conformément aux vues de Noël Bernard, on attribue la tubérisation des racines jeunes à l'action de l'endophyte, ce ne saurait être qu'à celle du mycélium contenu dans les anciennes. Or, une expérience très simple montre qu'il ne peut en être ainsi : il suffit d'enlever complètement les vieilles racines au moment où la rosette, alors bien développée, porte des racines jeunes ayant atteint 5^{mm} de longueur environ, et pouvant suffire à l'absorption de l'eau; le pied nouveau, ainsi constitué, est complètement indemne d'indophyte; remis en terre et arrosé assez abondamment, il peut vivre seul et former lui-même ses réserves. Le développement des racines se poursuit normalement, l'amidon s'y produit, leur tubérisation s'achève, et elles atteignent en temps voulu leur dimension définitive.

La tubérisation des racines au cours de l'évolution annuelle de la plante

[1] Cependant, chez les Orchis à tubercules digités, comme *O. conopea*, *O. latifolia*, etc., les prolongements grêles de ces tubercules, parfois très longs, sont infestés.

adulte ne peut donc être considérée comme une conséquence de l'infestation parasitaire.

Il en est tout autrement pour le développement embryonnaire.

J'ai obtenu aisément la germination des graines du *S. autumnalis* par l'application des méthodes qui résultent des remarquables découvertes de N. Bernard. Cette germination qui, à ma connaissance, n'avait pas encore été réalisée expérimentalement, non plus que celle des autres Orchidées indigènes, est normalement déterminée par la pénétration et le développement progressif dans l'embryon du mycélium endophyte, facile à isoler et à cultiver hors de son hôte.

Ainsi que N. Bernard l'écrivait du *Neottia*, « l'invasion mycélienne est le premier symptôme observable de la germination ». Comme chez le *Neottia*, l'embryon est ovoïde, dépourvu de suspenseur ; mais c'est toujours au *pôle suspenseur*, au sens défini par N. Bernard, que la pénétration de l'endophyte se produit. De là l'invasion gagne progressivement, tandis que la multiplication cellulaire se poursuit activement au pôle opposé qui reste indemne et qu'on peut nommer pôle *végétatif*. Les réserves amylacées se forment dès le début en abondance; de très bonne heure aussi s'accuse une dorsiventralité plus ou moins marquée et se développent de nombreux poils absorbants; et par suite de la croissance inégale aux deux pôles, l'embryon devient un tubercule ou protocorme globuleux d'un côté, pointu de l'autre, ayant finalement la forme d'une toupie plus ou moins allongée dont la pointe, correspondant au pôle infesté, est recourbée dans un méridien. Au pôle végétatif apparaît le bourgeon, qui se différencie lentement. Au sixième ou septième mois, on compte trois feuilles dont la plus grande, chez les embryons les plus développés, atteint environ 2^{cm}.

On voit, d'après ce qui précède, que le développement embryonnaire du *S. autumnalis*, comme celui de toutes les Orchidées chez lesquelles il est connu, est une tubérisation précoce. Ce développement étant dû, dans les conditions normales, à l'invasion de l'embryon par l'endophyte, l'idée s'impose d'une connexion étroite entre la tubérisation embryonnaire et l'infestation mycélienne.

Un fait intéressant, et que je n'ai vu signalé encore chez aucune autre Orchidée, se présente au cours du développement du protocorme : c'est la formation par bourgeonnement sur cet organe, habituellement dans sa région moyenne, d'un ou plusieurs petits tubercules arrondis qui restent quelque temps rattachés à l'embryon par de courts pédicelles, puis s'isolent

complètement. Leur longueur atteint alors à peine $0^{mm},05$; ils sont gorgés d'amidon, complètement dépourvus de poils absorbants et ne présentent aucune différenciation. Je les considère comme des embryons adventifs, bien que, trois mois après leur isolement, ils ne présentent aucun changement appréciable. D'autre part, ils sont restés complètement indemnes dans les conditions les plus favorables à l'infestation. On peut donc penser que l'arrêt de leur développement, et, partant, de la tubérisation, est corrélatif de la non-infestation. Cette hypothèse se confirmera s'il se produit une reprise du développement à la suite d'une infestation tardive.

En résumé, la tubérisation, chez le *Spiranthes autumnalis*, paraît une conséquence directe de l'infestation au début du développement, mais s'en montre indépendante à l'état adulte.

La séance est levée à 3 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 septembre 1913.

Rapport sur les opérations du Service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine, pendant l'année 1912, par M. Paul Adam. Paris, 1913; 1 fasc. in-4°.

Report on the progress and condition of the United States national Museum for the year ending June 30, 1912. Washington, 1913; 1 vol. in-8°.

Memoirs of the national Academy of Sciences, t. XI. Washington, 1913; 1 vol. in-4°.

Las funziones iperbólikas. Su aplikazion a los problemas de injenieria elektrika, por A.-E. Salazar. Killota, 1913; 1 broch. in-8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou, année 1911, n° 4. Moscou, 1913; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 OCTOBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. W. Foerster, Blaserna, Egorof, von Lang, Tanakadaté, membres du Comité international des Poids et Mesures.

Il souhaite également la bienvenue à M. le général Zaboudsky, Correspondant de la Section de Mécanique; à M. Vito Volterra, Professeur à l'Université de Rome, Correspondant de la Section de Géométrie.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 154 (janvier-juin 1912) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le Tome IV (années 1808-1811) des *Procès-verbaux de la Classe des Sciences mathématiques et physiques de l'Institut de France*, publiés conformément à une décision de l'Académie par MM. les Secrétaires perpétuels.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur les champs généraux, magnétique et électrique, du Soleil.* Note de M. **H. Deslandres**.

Le champ magnétique général du Soleil, malgré son grand éloignement de la Terre, a été déjà recherché et récemment reconnu et étudié par divers auteurs et même avec des méthodes différentes. Les résultats obtenus par ces diverses voies sont notables, mais à certains égards en désaccord au moins apparent. Je me propose ici de les comparer, de les discuter et

de montrer qu'ils sont conciliables. Cet examen aura en outre l'avantage de soulever plusieurs questions connexes intéressantes.

Il conviendrait de rappeler d'abord les premières idées émises sur le phénomène et les premières recherches, la plupart théoriques et basées sur des hypothèses, idées et recherches dues à Bigelow, Deslandres, Birkeland, Störmer, Salet, Bosler, etc. Leur énumération détaillée tiendrait ici une trop grande place. Il suffira de noter que les auteurs admettent un champ magnétique solaire, analogue au champ terrestre et ayant, au sens près, les mêmes directions générales par rapport à l'axe de rotation. Cette idée s'appuie sur la similitude d'aspect, signalée dès le début, et à peu près nette, que présentent les rayons polaires de la couronne et les lignes de force du champ terrestre (1).

Je m'étendrai seulement sur deux études récentes qui ont l'avantage d'avoir une base expérimentale plus solide que les précédentes.

En mai 1911, j'ai annoncé le résultat suivant, qui s'appuie sur les nombreuses mesures de vitesses radiales faites à Meudon, au bord solaire, avec l'aide de Burson (2). Les filets ou éléments constitutifs des protubérances sont des hélices dont l'axe est parallèle aux lignes de force d'un champ magnétique général, analogue au champ terrestre. La première demi-spire émanée de la couche supérieure, et seule visible en général, est le plus souvent tournée dans le sens de la rotation, ce qui explique la rotation plus rapide de la chromosphère supérieure et de la base des protubérances, et, aussi, avec les protubérances élevées, les vitesses radiales alternativement positives et négatives aux hauteurs croissantes (3).

L'intervention d'un champ magnétique faible a été présentée comme probable en mai 1911 et comme certaine en décembre 1912, après la vérification de toutes les conséquences.

(1) La similitude existe seulement pour les rayons coronaux polaires et non pour les équatoriaux; c'est pourquoi la première conception de Bigelow n'est pas admissible. Pour lui, les jets coronaux étaient de véritables lignes de force, comme s'ils étaient formés de petites particules de fer orientées dans le sens du champ. Peu après, j'ai considéré les rayons coronaux comme étant la trace de rayons cathodiques issus de la chromosphère supérieure et déviés par le champ; ce qui ne soulève pas les mêmes objections.

(2) Voir les Notes DESLANDRES, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1433 et 1541; t. 153, 1911, p. 10 et 221; t. 155, 1912, p. 1573.

(3) La base de la protubérance est déviée dans le sens de la rotation, ou dans le sens inverse, selon la direction de la protubérance par rapport à la ligne de force. Le premier cas est de beaucoup le plus fréquent.

Une valeur moyenne approchée du champ, égale à 10^{-7}, a été donnée en 1911 par l'emploi de la formule classique

$$(1) \qquad H\rho = \frac{m}{e} v \sin\theta,$$

H étant l'intensité du champ, ρ le rayon du cylindre sur lequel est enroulé l'hélice, $\frac{m}{e}$ le rapport de la masse de l'ion à sa charge électrique, v la vitesse de l'ion et θ l'angle de la vitesse avec le champ magnétique. Or, $v \sin\theta$ est donnée par la vitesse radiale, et si le filet protubérantiel est isolé et de forme sinusoïdale, on a immédiatement le rayon ρ et donc une valeur exacte du champ. Lorsque les filets sont confondus, ce qui est le cas le plus fréquent, on a seulement la longueur de la spire qui est du même ordre que le rayon ρ, sauf dans le cas exceptionnel où θ est très petit. La valeur correspondante de H est comprise entre certaines limites et est toujours en général fort petite.

D'autre part, Hale a appliqué récemment au Soleil entier la méthode d'investigation qui lui a si bien réussi avec les taches [1]. Il a reconnu en 1908, comme on sait, dans le spectre des taches un effet Zeeman et une division nette de la raie en composantes de polarisation opposée. Le champ magnétique résultant atteint en général la valeur notable de 3000 gauss au centre de la tache et diminue rapidement dans la pénombre; il est limité à la tache elle-même et aux couches basses. Mais la méthode ne convient plus aussi bien sur les points ordinaires du disque; car la séparation des composantes polarisées est extrêmement faible, et a été discernée seulement avec trois ou quatre raies peu intenses et dans le voisinage des parallèles de 45°. Aussi l'attribution du phénomène à un champ magnétique général est présentée seulement comme probable. Le champ étant admis, son intensité est environ de 50 gauss aux pôles ou de 25 gauss à l'équateur, le sens de l'aimantation et des lignes de force étant le même que sur la Terre.

Ce premier résultat, bien qu'incomplet, est fort intéressant; mais il diffère beaucoup du précédent obtenu avec les protubérances, puisque les valeurs des deux champs sont respectivement 25 gauss et $\frac{1}{10\,000\,000}$ de gauss. La différence n'a pas été relevée par Hale, qui consacre seulement une

---

[1] Voir les Notes de HALE : *Terrestrial Magnetism*, t. 17, 1912, p. 173, et *Astrophysical Journal*, t. 38, juillet 1913. La première Note est arrivée à Meudon le 10 février 1913.

petite page de son long Mémoire aux recherches antérieures sur le sujet, et elle peut jeter au premier abord un certain discrédit sur ces recherches.

Or les deux champs si différents sont conciliables. Celui de Meudon se rapporte aux couches supérieures et celui du mont Wilson aux couches basses de l'atmosphère. Même, déjà, en 1911, j'ai annoncé leurs différences, j'ai annoncé l'existence près de la surface de champs magnétiques plus intenses que celui reconnu dans les régions supérieures; car, en certains points des couches basses, le champ magnétique est la somme de deux champs distincts ; il est au contraire leur différence dans les couches élevées ([1]).

Mais, avant d'examiner tous ces points avec détails, je crois utile de discuter d'abord deux assertions de Hale, présentées dans son dernier Mémoire, et, à mon avis, inexactes ou incomplètes.

a. Hale insiste à plusieurs reprises sur ce point que la méthode de Zeeman, employée par lui, est la seule méthode directe susceptible de déceler un champ magnétique. Cependant l'étude du mouvement des ions peut donner le même résultat avec une certitude égale. Ainsi, pour prendre un exemple simple, lorsqu'un mobile décrit une hélice d'un mouvement uniforme, il est soumis à une force qui a exactement la même expression que la force magnétique développée par un champ parallèle à l'axe de cette hélice. Si le mobile est électrisé, l'intervention du champ magnétique est encore plus manifeste.

On peut objecter, il est vrai, que dans le cas particulier du Soleil, nous ne relevons pas la trajectoire réelle de l'ion mobile, mais sa projection sur un plan; nous ne relevons pas les vitesses réelles, mais les vitesses radiales. Les conditions ne sont plus tout à fait les mêmes, mais d'autres vérifications se présentent. Si la trajectoire du filet isolé est une sinusoïde exacte ([2]), et si la courbe des vitesses radiales est aussi une sinusoïde ayant les mêmes maxima et minima que la première, il faut admettre encore la force magnétique, qui est la seule des forces connues offrant ces caractères.

En réalité, les deux méthodes sont aussi directes l'une que l'autre, et

([1]) J'ai déjà présenté brièvement cet éclaircissement des faits au Congrès international des recherches solaires, réuni à Bonn cette année dans les premiers jours du mois d'août.

Pour la prévision de la différence des deux champs, voir la Note Deslandres: *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 10.

([2]) La trajectoire est une sinusoïde exacte, lorsque l'hélice a son axe perpendiculaire au rayon visuel; autrement, la trajectoire est une cycloïde.

elles ont le grand avantage de se compléter. La méthode Zeeman convient pour les champs forts et l'autre pour les champs faibles. Avec un champ comme celui de la Terre, inférieur à 1 gauss, la méthode Zeeman serait en défaut. Par contre, la méthode des vitesses peut déceler des champs cosmiques très faibles; car la courbure des spires lumineuses, qui sont alors à très grand rayon, est bien visible à cause de l'éloignement (¹).

b. Dans la partie historique très courte de son dernier Mémoire (p. 31), Hale écrit que mes recherches sur les protubérances et leur champ magnétique sont simplement la suite des recherches similaires de Störmer sur la couronne, publiées en février 1911. Je suis obligé de rappeler que j'ai expliqué le premier en mars 1896, puis en 1897 et 1898, la couronne solaire par des jets cathodiques issus de la chromosphère supérieure et la courbure de ces jets par un champ magnétique solaire. En 1902, j'ai étendu la même idée aux spires des nébuleuses et à leur courbure, avec un champ analogue à celui de la Terre. Enfin, le 10 janvier 1910, j'ai attribué, à la courbure des rayons cathodiques équatoriaux, le retard de 45 heures des grosses taches par rapport aux grands orages magnétiques terrestres et j'ai calculé le courant électrique solaire capable de produire cette courbure. Le 24 janvier 1910, Birkeland représentait les résultats d'un calcul analogue, et en février 1911, Störmer donnait les trajectoires de nombreux rayons solaires courbés par le champ d'un aimant élémentaire. En résumé, je puis revendiquer la première idée et la première application, en reconnaissant que les calculs de Störmer sont plus étendus et plus exacts (²).

L'étude de ces rayons coronaux a d'ailleurs une base peu solide; car nous n'avons jamais vu la courbure des rayons équatoriaux, ni leur prolongement jusqu'à la Terre, et nous ne mesurons pas leur vitesse. Nous sommes forcés de faire des hypothèses variées, et c'est ainsi que Störmer a calculé plusieurs valeurs du moment magnétique solaire, qui sont possibles et varient dans le rapport de 1 à 25000.

(¹) La méthode de Zeeman donne plus directement le sens du champ; l'autre méthode, comme on le verra plus loin avec le Soleil, permet aussi de le reconnaître.

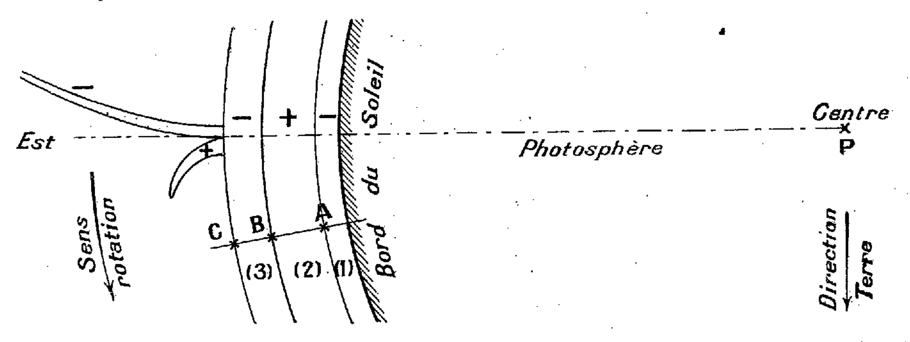
(²) A l'appui, on peut lire : HALE, *Astrophysical Journal*, t. 38, 1913, p. 27 à 99; DESLANDRES, *Observations de l'éclipse totale de 1893, au Sénégal* (Gauthier-Villars, mars 1896), et *Annales du Bureau des Longitudes*, t. V, 1897; *Comptes rendus*, t. 124, 1897, p. 678; t. 126, 1898, p. 1325; t. 134, 1902, p. 1134 et 1487; t. 150, 1910, p. 71; BIRKELAND, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 246; et STÖRMER, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 425.

Les mêmes incertitudes ne se présentent pas avec les protubérances, dont nous pouvons suivre journellement les inflexions et les variations de vitesse. Aussi, dans mes travaux antérieurs, ai-je accordé toujours une attention plus grande aux protubérances qu'aux rayons coronaux, qui d'ailleurs ne sont visibles que pendant les éclipses.

c. Dans plusieurs Notes, de 1893 à 1896, j'ai montré que les protubérances et la chromosphère ont, par la nature même de leur spectre, une lumière d'origine électrique, et que le fait principal est « l'écoulement continu d'électricité dans le sens vertical sur le Soleil entier ». On doit y retrouver toutes les propriétés si caractéristiques des gaz raréfiés, et cette idée première a été confirmée par toutes les observations ultérieures. Même elle peut être mieux précisée à l'heure actuelle, grâce à nos progrès récents dans la connaissance des ions et électrons.

L'atmosphère solaire entière est ionisée et même divisée en couches d'ionisation différente (voir plusieurs Notes de 1911). La cause d'ionisation la plus forte est l'émission intense d'électrons négatifs par la photosphère portée à une très haute température. Aussi peut-on admettre immédiatement au-dessus une première couche négative [(1 du dessin)], puis une couche positive (2) et une couche négative (3) formées par influence. La

Coupe du Soleil suivant un plan perpendiculaire à l'axe de rotation projeté en P.



Cette coupe montre les couches successives de l'atmosphère avec le signe de leur charge électrique et aussi les protubérances, les jets coronaux qui se détachent de la couche supérieure. On a augmenté à dessein les épaisseurs des couches, pour les rendre plus visibles.

couche positive (2) est renforcée par l'action de la lumière ultraviolette et par la répulsion des charges négatives suivant le mode indiqué par Arrhenius. La couche (3) doit avoir une charge moindre que chacune des deux autres.

Or ces trois couches, par leur rotation, produisent chacune un champ

magnétique, et, le long d'une même verticale, ces champs particuliers s'ajoutent ou se retranchent, le champ résultant étant fort complexe et pouvant changer de signe. En C, à la limite extérieure de la chromosphère, le champ est la différence des champs positifs et négatifs et peut être très petit; c'est le champ faible reconnu à Meudon. Mais en A, au point où les couches (1) et (2) se touchent, le champ est la somme des deux champs principaux qui précèdent, pris avec le même signe et est plus fort, comme je l'ai annoncé en 1911; c'est le champ relativement élevé de Hale.

Cependant on peut faire aux champs précédents l'objection que Rowland a opposée autrefois et justement à l'explication du champ magnétique terrestre par la rotation d'une couche superficielle. La densité électrique et la pression électrostatique sont telles que la Terre, qui est solide, volerait en éclats. Mais, à mon avis, l'objection n'a plus la même valeur avec un corps gazeux comme le Soleil, car la charge n'est plus concentrée sur la surface, mais disséminée dans une couche très épaisse.

Calculons la densité électrique σ nécessaire pour donner en A un champ équatorial de 25 gauss, ou un champ de $12^g,5$ dû à la couche (1) seule. On trouve $\sigma = 4,3 \times 10^5$ U. E. S. Si cette charge est répartie sur une épaisseur de 1000^{km}, on a par centimètre cube $4,3 \times 10^{-3}$ unité ou $1,2 \times 10^7$ ions. Or, d'après J.-J. Thomson, les étincelles de nos laboratoires ont, à basse pression, dans le même volume, un nombre d'ions qui s'élève jusqu'à 2×10^7. L'ionisation de la couche basse (1) est donc admissible.

D'autre part, la force électrique, nulle à la base de la couche (1), est très forte à sa partie supérieure; elle impose aux ions de la couche des vitesses qui peuvent être comparables à celles des rayons anodiques ou même cathodiques, et donne lieu aux effets ordinaires de ces rayons dans les gaz, ce qui n'a pas d'autre inconvénient.

Le champ magnétique en A peut donc avoir l'intensité trouvée par Hale; il a aussi le sens annoncé par lui, c'est-à-dire le sens du champ terrestre. Par contre, le champ magnétique des couches supérieures en C, qui est très petit, doit avoir un sens opposé; et cela nous importe, car ce champ extérieur est pour nous le véritable champ solaire, le précédent restant confiné dans les couches basses. En effet, les filaments et les protubérances qui en émanent ont, comme je l'ai montré en 1911, une ionisation opposée à celle de la couche supérieure, et donc sont positifs, et pour que les protubérances positives soient déviées dans le sens de la rotation, il faut que le champ magnétique extérieur soit opposé à celui de la Terre. De même les rayons cathodiques négatifs issus de la couche supérieure doivent être déviés

en sens inverse, ce qui est bien en accord avec le retard de 45 heures des grandes taches par rapport aux orages magnétiques terrestres. Enfin le champ électrique en C doit être aussi, dans son ensemble tout au moins, inverse de celui en A, la somme algébrique des charges étant positive.

Finalement, la constitution des couches solaires, résumée dans le dessin ci-dessus, peut paraître complexe, mais elle forme un système cohérent qui explique les caractères révélés par l'observation. Ces couches successives se détruisent et se reforment continuellement sous l'influence de causes qui normalement s'équilibrent à peu près ; les champs électrique et magnétique, intenses à l'intérieur de l'atmosphère, sont faibles dans la partie extérieure. On comprend dans ces conditions les perturbations fortes, les explosions, les girations rapides qui se produisent, lorsque l'une des couches, pour une cause intérieure ou extérieure, vient à manquer en un point ou simplement à diminuer, ou encore à pénétrer dans la couche voisine.

Il convient donc de poursuivre ces recherches et toutes les vérifications qu'elles comportent. Il faut relever sans arrêt ces couches diverses et leurs variations, les protubérances et les jets coronaux. On peut recommander en particulier la mesure de la vitesse de rotation de la couronne, déjà tentée dans les éclipses précédentes, et susceptible de fournir une vérification utile.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Peut-il exister une différence entre l'espèce humaine et l'espèce bovine, au point de vue de l'aptitude innée ou spécifique, des sujets vigoureux à recevoir et cultiver le microbe de la tuberculose ?* Note de M. **A. Chauveau.**

Les enseignements de la Médecine expérimentale n'imposent-ils pas *a priori* une réponse nettement négative à cette question ? Je crois pourtant devoir la poser et je dirai pourquoi tout à l'heure.

Dans le but de mieux faire comprendre mes intentions, je rappellerai d'abord qu'il ne manque vraiment pas de faits cliniques prouvant péremptoirement que les sujets les plus vigoureux de l'espèce humaine se laissent très bien envahir par les bacilles tuberculeux dans tous les milieux sociaux, même les plus favorisés. Je ne connais pas de praticien occupé qui n'ait constaté au moins quelques-uns de ces faits péremptoires. Au cours de ma longue carrière, même et surtout avant d'être docteur en médecine, j'ai été

tout particulièrement favorisé. Vers l'époque où s'achevait l'édification de ma théorie générale de l'auscultation, mes collaborateurs, mes élèves, mes amis, désireux de s'assimiler pratiquement les principes de cette théorie, me procuraient de nombreuses et fort intéressantes occasions d'observer les tuberculoses de l'appareil respiratoire. Combien en ai-je rencontré qui s'étaient implantées sur des organismes, masculins ou féminins, absolument irréprochables au point de vue de leur force de résistance !

J'aurai sûrement à parler un jour des utiles documents qui m'ont procuré ces observations, particulièrement sur les infections entre conjoints. On y trouve les plus précieuses indications pour la direction à donner à la lutte antituberculeuse. Il en est, en effet, qui nous renseignent de la manière la plus rassurante sur les prétendues *myriades de bacilles* que les tuberculeux sèmeraient dans l'air et contre lesquels on voudrait nous faire accroire que toute lutte directe est prédestinée à un échec. On peut s'assurer, au contraire, que leur puissance agressive, estimée d'après leur nombre véritable, l'activité qu'ils peuvent conserver après leur dessiccation et leur exposition à la lumière solaire, les aléas de leur implantation sur les muqueuses respiratoire et digestive, ne fait pas de ces bacilles une armée invincible. Bien loin de là, ce sont des ennemis dispersés, redoutables sans doute, mais souvent déjà affaiblis, sinon même dépossédés de toute activité. L'homme, appuyé sur la *théorie de la virulence* et les *lois de la contagion*, peut les combattre avec les plus grandes chances de succès et échapper à leur invasion.

Naturellement, ces importantes notions ne comptent pas pour ceux qui, en matière de propagation tuberculeuse, estiment que le *terrain* est *tout* et la *graine* presque *rien*. On n'en trouverait pas trace dans leurs comparaisons de la graine et du terrain. Tout de même, on est en droit de s'étonner de l'assurance avec laquelle ils attribuent l'état réfractaire aux sujets qui conservent une santé parfaite dans les milieux contaminés. Cette attribution, en effet, a été faite sans qu'on se soit jamais assuré que les germes de ces milieux se trouvaient bien dans les conditions propres à réaliser l'infection de l'organisme humain, en y pénétrant par les muqueuses respiratoire ou digestive. Une telle lacune rendait ladite attribution tout au moins suspecte. Un fait d'observation courante en démontrait directement l'inexactitude. Dans la foule des sujets qui résistent à l'infection, au sein des milieux contaminés, il n'y a pas que des forts; on y rencontre aussi des faibles en nombre respectable.

Mais ce n'est pas de ceux qui résistent que nous avons à parler maintenant. Ce qui est surtout en question, c'est l'aptitude de l'homme sain et vigoureux à se laisser infecter par le bacille de Koch. L'existence en est évidente et indiscutable. Mais ce n'est pas tout ce qu'il importe d'en savoir. *Tous les*

hommes sains et vigoureux la possèdent-ils ? L'espèce humaine est-elle dans le même cas que l'espèce bovine, où cette aptitude est apparue dans mes expériences d'infection par la voie digestive, comme une propriété innée, commune à tous les individus qui appartiennent à l'espèce. Pour l'homme, on ne peut pas s'en assurer en recourant aux mêmes procédés d'expérimentation. Mais les propositions établies pour l'espèce bovine, d'après les résultats de l'emploi de ces procédés, s'appliquent nécessairement à l'espèce humaine.

Admettre, en effet, pour l'infection tuberculeuse de cette espèce, la possibilité d'autres lois physiologiques que pour l'espèce bovine serait une grave hérésie scientifique.

Depuis le commencement de ma campagne contre l'attribution à l'homme vigoureux du privilège d'être *intuberculisable*, on m'a plusieurs fois demandé mon opinion sur ce qui serait arrivé dans le cas hypothétique d'une expérience d'ingestion où des sujets humains auraient été substitués à mes sujets bovins. Je n'ai jamais manqué de répondre, sans la moindre hésitation, que TOUS *les sujets humains seraient devenus tuberculeux, comme le sont devenus* TOUS *les sujets bovins*. Cette égale unanimité dans les deux cas implique, bien entendu, la réalisation préalable de la condition nécessaire qu'aucun des sujets d'expériences, hommes ou bêtes, n'aurait été exposé, avant l'expérience, à l'action d'influences prophylactiques ou anaphylactiques capables de modifier, en moins ou en plus, la réceptivité innée de leur organisme pour la tuberculose.

Je n'aurais mieux su montrer qu'en citant cette réponse la confiance absolue que j'ai dans les principes de la méthode expérimentale et de la logique scientifique : confiance qui rend oiseuse, à mes yeux, la question qui constitue le titre de la présente Note. Toutefois, je constatais bientôt qu'elle ne l'était pas aux yeux de tous.

En effet, après la séance où je venais d'exposer les recherches expérimentales consacrées à la *comparaison des organismes vigoureux et des organismes débilités, au point de vue de leur aptitude à recevoir et à cultiver les microbes virulents*, je constatais, dans mes conversations, chez un ou deux de mes interlocuteurs, une tendance marquée au refus d'admettre que tous les sujets de l'espèce humaine fussent aussi *unanimement* aptes que tous les sujets de l'espèce bovine à contracter la tuberculose. L'insoutenable thèse des lois générales de la contagion variant avec les espèces ne les effrayait pas.

En la circonstance, l'erreur commise, facile à rectifier, n'était point ce

qui importe le plus, mais l'état d'esprit qu'elle révèle : sorte d'esprit particulariste, enclin à se défier des grandes généralisations, par là un peu inconscient des véritables caractéristiques de la méthode scientifique.

La constatation de cet état d'esprit m'imposait donc le devoir d'en rechercher les origines, pour essayer d'en neutraliser les effets.

Il est certain que, dans le monde médical, où tous comprennent que les principes de la lutte antituberculeuse doivent reposer sur la connaissance exacte des *lois de la contagion*, on ne reconnaît guère la nécessité de se servir de la même méthode de travail pour se procurer cette connaissance.

Les uns cherchent à déterminer les lois de la contagion à l'aide des procédés scientifiques de la MÉDECINE EXPÉRIMENTALE.

Les autres, plus nombreux, ne trouvent propres à être utilisés, pour cette recherche, que les enseignements purement empiriques directement fournis par la MÉDECINE CLINIQUE.

Veux-je dire, en opposant ainsi la *médecine expérimentale* et la *médecine clinique*, que celle-ci ne peut avoir rien de scientifique ? En aucune manière. J'entends seulement appeler l'attention sur l'extrême difficulté qu'on éprouve souvent à tirer parti, au point de vue du déterminisme scientifique, de la simple observation de faits spontanés sur lesquels l'observateur n'a aucune prise. Par leur naissance, entourée de conditions très complexes, qu'il est fort difficile de démêler, quelquefois même de soupçonner, ces faits d'observation pure ne se prêtent guère d'emblée à la détermination rigoureuse de leurs causes essentielles et de leur mécanisme fondamental.

Les tenants de la *médecine expérimentale* échappent à ces difficultés, parce qu'ils sont en possession du pouvoir de faire naître, sous leurs yeux, les faits dont ils ont à expliquer la genèse. Ils ont de plus le grand avantage d'être forcés de faire entrer, dans le champ de leurs études, l'ensemble des espèces animales réceptrices des divers germes tuberculeux. Dans ce champ de recherches, ainsi élargi, la clinique médicale et la clinique vétérinaire se rencontrent et se fusionnent avec l'expérimentation physiologique, pour constituer le domaine scientifique de la médecine générale, une et indivisible. C'est une autre manière de dire qu'au point de vue scientifique, il ne saurait y avoir une pathologie humaine et une pathologie vétérinaire distinctes l'une de l'autre. Ce sont bien là des parties d'un même tout, la *pathologie comparée*, d'où l'on a tiré, grâce à l'emploi de la méthode expérimentale, les vraies *lois de la virulence*, et *la théorie de la contagion*.

C'étaient donc les déterminations de la médecine expérimentale qui devaient inspirer les principes de la lutte antituberculeuse. Ce n'est pas précisément ce qui eut lieu à l'Académie de Médecine. Jusqu'au dernier jour de la discussion en séance, on n'a pas plus tenu compte de ces déterminations que s'il n'en eut jamais été question dans la Science. MM. Roux et Richet en ont rappelé l'existence. J'ai dû, à mon tour, prendre la parole pour rétablir celles qui étaient le fruit de mon travail expérimental per-

sonnel et qui, à l'avance, avaient réfuté et condamné les contre-vérités qu'on tentait de substituer aux vrais principes directeurs de la lutte antituberculeuse.

On sait déjà, d'après ma dernière Communication, qu'il s'agissait de mes expériences de 1868.

La première démonstration de Villemin, sur la virulence de la tuberculose, par le procédé de l'inoculation au lapin de la matière tuberculeuse empruntée à l'homme, n'avait pas reçu un bon accueil. Son expérience donnait prise à quelques objections, parce qu'on y employait l'effraction, qui est une insolite porte d'entrée du virus tuberculeux, et qu'en l'absence de la maladie naturelle chez les Léporidés, on manquait de terme de comparaison pour établir la légitimité du diagnostic des tuberculoses expérimentales provoquées chez le lapin.

Pour écarter ces objections, je racontai, devant l'Académie de Médecine, mes premières tentatives de transmission de la tuberculose du bœuf au bœuf, par l'une des voies naturelles de l'infection, la voie digestive. Accueillies avec une défiance passionnée, ces expériences furent continuées pendant des années. Le nombre des sujets qui y furent consacrés atteignit le chiffre considérable de 60, dont on connaît le sort, puisque j'ai rappelé, dans la séance du 25 août, qu'*ils devinrent* TOUS *tuberculeux*.

Or, ces sujets, jeunes bovins récemment sevrés, veaux de lait pour le plus grand nombre, étaient TOUS, *sans exception, dans le plus florissant état de santé, au moment de leur mise en expérience. Donc, il ne manquait rien à leur organisme pour constituer, d'après les prétendus enseignements de la médecine clinique, un terrain absolument réfractaire à la germination du bacille tuberculeux!*

Mes expériences, avec la *formidable unanimité* des infections tuberculeuses qui s'y étaient produites, avaient donc bien fait voir, à l'avance, qu'en attribuant aux sujets forts et vigoureux, en parfait état de résistance, l'invulnérabilité contre les attaques du virus tuberculeux, on avait commis une *formidable erreur*, exposant aux plus graves et aux plus fâcheuses conséquences.

Les distingués confrères avec lesquels je me trouve en contradiction, à l'Académie de Médecine, sur la question fondamentale des conditions nécessaires au *terrain* et à la *graine*, pour la réalisation de l'infection tuberculeuse, sont à même, sans doute, de faire valoir quelques raisons pour expliquer leur oubli. La principale est sûrement d'avoir été dominés par l'état d'esprit spécial contre lequel je me suis donné la mission de réagir le plus énergiquement possible. Peut-être restent-ils encore très étonnés que, pour une lutte à entreprendre contre la tuberculose de *l'homme*, on leur demande de s'appuyer sur des principes tirés d'expériences faites sur *les animaux*. Raison de plus de combattre sans relâche cette *mentalité clinique*

qui pousse instinctivement ceux qui la possèdent à faire échec aux grandes conquêtes de la *méthode expérimentale*, dans le domaine général de la *virulence* et de la *contagion*.

Conclusions. — 1. *En résumé, il ne peut exister aucune différence entre l'espèce humaine et l'espèce bovine, au point de vue de l'aptitude innée ou spécifique, des sujets vigoureux à recevoir et à cultiver le bacille de la tuberculose.*

C'est la conséquence nécessaire du principe scientifique qui impose l'unité et la permanence dans les lois qui régissent les manifestations de la vie, comme tous les autres phénomènes naturels.

2. *Grâce à cette aptitude innée, commune aux deux espèces, et réserve faite de la rencontre possible, quoique peu probable, d'individus spontanément immunisés par l'intervention insoupçonnée d'une classique influence prophylactique,* TOUS *les sujets humains et bovins en parfaite santé, qui auraient reçu, dans les mêmes conditions, des bacilles tuberculeux actifs, s'infecteraient nécessairement à peu près de la même manière.*

3. *Ainsi, dans les expériences de transmission de la tuberculose du bœuf au bœuf,* TOUS LES SUJETS, SANS EXCEPTION AUCUNE, *ayant contracté la maladie,* IL EN EUT ÉTÉ NÉCESSAIREMENT DE MÊME *si l'expérience avait pu viser la transmission de la tuberculose de l'homme à l'homme.*

4. *Du reste, les observations cliniques, seules sources où l'on puisse aller puiser les éléments d'une confirmation matérielle des résultats de cette hypothétique expérience, donnent des indications en accord avec celles qu'imposent impérieusement les lois générales de la contagion.*

5. *Ces observations cliniques, en effet, fournissent un grand nombre d'exemples de sujets des plus vigoureux qui contractent la tuberculose aussi bien que les sujets faibles, dans les milieux contaminés.*

6. *Elles montrent aussi avec la même netteté que, parmi la foule considérable des individus qui échappent à l'infection dans ces milieux contaminés, il y a toujours des organismes faibles mêlés aux organismes vigoureux. Pour trouver la cause de cet échec à la contagion, ce n'est donc pas dans les conditions du terrain de culture du bacille qu'il faut la chercher. C'est au bacille lui-même qu'il est indiqué de s'adresser et aux conditions, plus ou moins favorables, que cette* GRAINE *peut offrir au succès de son implantation sur le* TERRAIN *de l'organisme.*

7. *Ce sont là des propositions fortement établies, qui achèvent de caractériser la non-valeur de la théorie de l'appauvrissement de l'*ORGANISME-TERRAIN *comme cause essentielle de la propagation du* BACILLE-GRAINE.

8. *Du reste, parmi les cas de foyers localisés de tuberculose entretenus par cette prétendue cause, il n'en est* PAS UN *où les aggravations et les reculs de la maladie, qui étaient attribués à l'introduction et à la suppression de causes de misère physiologique, n'aient coïncidé en même temps avec le relâchement et la sévérité de la sélection et de l'élimination des sujets infectants : relâchement et sévérité qui suffisent amplement à expliquer les oscillations de la courbe de morbidité de la tuberculose dans les agglomérations humaines.*

9. *En définitive, cette nouvelle étude, issue de la comparaison de l'espèce humaine et de l'espèce bovine, au point de vue de l'aptitude des sujets vigoureux à contracter la tuberculose, aboutit aux mêmes conclusions scientifiques et pratiques que la précédente. Pratiquement, il n'y aura rien de fait dans l'organisation de la lutte antituberculeuse, si l'effort des hygiénistes ne vise pas tout particulièrement la guerre à mort au microbe infectant et les moyens de rendre les porte-microbes inoffensifs à l'égard des sujets sains exposés à l'infection.*

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'origine du sucre sécrété dans la glycosurie phlorizique.* Note de MM. **R. Lépine** et **Boulud**.

On admet généralement que la glycosurie phlorizique est due à ce que les cellules rénales *produisent* du sucre. L'un de nous ([1]) soutient au contraire que le sucre urinaire provient exclusivement du sucre dégagé, aux dépens du sucre virtuel, dans les capillaires du rein ([2]). En fait, la quantité de sucre urinaire excrété pendant un certain temps n'est pas supérieure à celle qui peut se dégager dans les capillaires du rein pendant le même temps.

Les expériences que nous avons récemment faites démontrent d'une manière plus directe que la source du sucre urinaire n'est pas dans les cellules rénales. Elles ont porté sur des chiens jeunes, d'assez forte taille, et nous avons procédé avec la méthode exposée dans notre dernière Note ([3]) :

([1]) Lépine, *Revue de Méd.*, 1913, p. 614, et *Semaine méd.*, 24 septembre 1913.

([2]) Voir Lépine et Boulud, *Comptes rendus*, 19 septembre 1904.

([3]) Lépine et Boulud, *Comptes rendus*, 22 septembre 1913.

des canules sont introduites dans les uretères, près de la vessie, et mises en rapport chacune avec une burette surélevée d'un peu plus de 1^m. D'un côté on fait pénétrer de l'eau salée, très légèrement alcalinisée, renfermant de $0^g,25$ à $0^g,50$ pour 100 de phlorizine, et, de l'autre côté, de l'eau salée physiologique. Quand quelques centimètres cubes ont pénétré dans les reins, on cesse la pression, et on laisse couler librement l'urine pendant une demi-heure (temps suffisant pour qu'ils se dégorgent), puis on recueille l'urine comparativement des deux côtés.

On sait qu'une très petite dose de phlorizine injectée directement dans l'artère rénale produit immédiatement une glycosurie très intense du côté correspondant. Ainsi, dans une des expériences de Zuntz, peu de minutes après l'injection dans l'artère rénale de 4^{mg} de phlorizine, l'uretère correspondant excrétait, en 5 minutes, 106^{mg} de sucre (du côté opposé, 18^{mg}) [1]. L'analyse de nos expériences nous a montré que pour produire une glycosurie de cette intensité, la phlorizine, introduite par l'uretère, doit être en quantité plus forte. Ce fait se comprend facilement si c'est l'endothélium vasculaire qui est le lieu d'attaque de la phlorizine.

Au début de l'écoulement qui suit la décompression, l'urine, du côté du rein phloriziné, contient généralement un peu plus de sucre que celle de l'autre côté. Cela est naturel, ce rein ayant été influencé par la phlorizine plus tôt que l'autre rein, auquel cette substance n'est arrivée que par la circulation générale. Mais, au bout de peu de temps (2 heures, par exemple), le rein phloriziné fournit au contraire moins de sucre que l'autre rein. Nos expériences (au nombre d'une dizaine) nous apprennent de plus que, du côté phloriziné, si la quantité d'urine est parfois augmentée, l'urée, presque toujours, est très notablement diminuée. Quant à l'excrétion des chlorures, elle est variable.

Ainsi, le fait constant résultant de nos expériences, c'est que l'urée et le sucre sont en quantité moindre du côté phloriziné pendant les heures qui suivent la décompression (sauf la période tout à fait initiale, comme nous l'avons expliqué plus haut, où, naturellement, le sucre est un peu augmenté). On peut conclure de ce fait que les cellules rénales, *du côté où elles ont été touchées directement* par la phlorizine, sont atteintes d'insuffisance fonctionnelle, explicable par la toxicité de cette substance. Cette insuffisance fonctionnelle toxique est en parfait accord avec le fait clinique

(1) *Archiv für Physiol.*, 1895, p. 592. Cette différence initiale tend très promptement à s'atténuer beaucoup, à mesure que la phlorizine arrive à l'autre rein par la circulation générale.

depuis longtemps connu, et utilisé par les chirurgiens, qu'un rein malade, sous l'influence de la phlorizine, donne moins de sucre qu'un rein sain.

Voici, à titre d'exemple, une de nos expériences :

CHIEN 2937. — Pression bilatérale de plus de 1^m, d'un côté avec de l'eau phlorizinée à $0^g,25$ pour 100. On laisse entrer 40^{cm^3}, ce qui correspond à $0^g,10$ de phlorizine (¹). Quand les deux reins sont dégorgés, on recueille l'urine pendant plus d'une heure.

	Pour 1000 eau. Côté sain.	Pour 1000 eau. Côté phloriziné.	Quantités de la dernière colonne, en supposant que celles de la première = 100.
Urée	$10^g,5$	6^g	59^g
Chlorures	8,2	7,4	90
Sucre	22,8	8,9	39
Quantités calculées pour 1 heure :			
Volume	38^{cm^3}	60^{cm^3}	160^{cm^3}
Urée	$0^g,39$	$0^g,36$	92^g
Chlorures	0,31	0,44	142
Sucre	0,86	0,53	61

Dans ce cas, la polyurie du côté phloriziné était très forte. La diminution du sucre n'en est que plus remarquable.

En résumé, nos expériences contredisent l'hypothèse que le sucre éliminé dans la glycosurie phlorizique provienne des cellules rénales. Le point d'attaque de la phlorizine dans le rein paraît être surtout l'endothélium vasculaire. Dans une prochaine Note, nous apporterons un nouveau fait à l'appui de cette idée.

GÉOLOGIE. — *L'histoire fluviale et glaciaire de la vallée du Rhône aux environs de Lyon.* Note (²) de M. **Charles Depéret**.

Peu de vallées françaises ont suscité d'aussi nombreux travaux que la vallée du Rhône aux environs de Lyon. Pour se limiter aux grandes étapes de l'étude de ces formations fluviales et glaciaires, on doit citer la belle

(¹) On a vu que, dans l'expérience de Zuntz, 4^{mg} seulement avaient été injectés dans l'artère.

(²) Présentée dans la séance du 29 septembre 1913.

monographie de Falsan et Chantre (1879) où sont précisées les limites du glacier rhodanien et la direction de ses courants d'écoulement. En 1884, Fontannes établit la distinction capitale des alluvions ferrugineuses des plateaux, d'âge pliocène et des alluvions grises quaternaires, celles-ci emboîtées dans les premières. Delafond (1889), puis Delafond et Depéret dans leur monographie sur *La Bresse* (1893) distinguent dans les alluvions quaternaires une *haute terrasse* antéglaciaire et une *basse terrasse*, se reliant graduellement à un *amphithéâtre morainique*, plus intérieur que les moraines du maximum d'extension. Les graviers de la haute terrasse sont considérés comme appartenant à la *période de progression* du glacier, tandis que ceux de la basse terrasse répondent à la *période de recul* et de stationnement du glacier du Rhône, en arrière de son premier front. La première édition de la feuille géologique de Lyon parue en 1890 traduit ce stade de nos connaissances.

En 1895, Penck et Du Pasquier, appliquant à la région lyonnaise le classement adopté par eux en Suisse et en Bavière, admettent à Lyon l'existence de deux *périodes glaciaires* ou *glaciations* distinctes, la plus ancienne répondant aux *moraines externes* des hautes collines lyonnaises, la plus récente aux *moraines internes* de l'amphithéâtre Saint-Quentin-Anthon. Enfin, Penck et Bruckner, dans leur bel Ouvrage *Die Alpen im Eiszeitalter*, classent les moraines externes couvertes de lœss et les alluvions qui les supportent dans la période glaciaire *rissienne*, tandis que les moraines internes et les alluvions de la basse terrasse qui en émanent sont rapportées à la période glaciaire *würmienne*.

Tel était l'état de la question lorsque j'ai été amené, en vue de la seconde édition de la feuille géologique de Lyon, à reprendre l'étude détaillée de ces terrains. Cette étude m'a amené, comme on va le voir, à des modifications très importantes aux idées antérieurement admises. J'exposerai mes observations en marchant de la fin des temps pliocènes vers l'époque actuelle.

I. Alluvions pliocènes. — Je ne reviendrai pas sur les caractères de couleur ferrugineuse et d'altération qui distinguent le plus souvent les alluvions de la fin du Pliocène. Mais j'insisterai sur l'existence de *trois terrasses* de graviers pliocènes étagées, répondant à des temps d'arrêt dans le creusement progressif de la vallée pliocène.

1° *Terrasse de* 215^m. — Si l'on fait abstraction des problématiques galets de quartzite alpins trouvés dans les fentes du mont Narcel, à l'altitude de

près de 600^m, le maximum de remblaiement de la vallée du Rhône à Lyon est représenté par une terrasse alpine très morcelée, dont les lambeaux principaux se voient sur la rive droite à Montagny et au-dessus de Sainte-Colombe (360^m). Mon collaborateur, M. Doncieux, l'a retrouvée sur la rive gauche au télégraphe de Seyssuel (357^m). C'est donc une terrasse de 215^m d'altitude relative, au-dessus du thalweg actuel.

2° *Terrasse de* 140^m-145^m. — On observe, sur le plateau gneissique lyonnais de la rive droite de la Saône, une belle terrasse alpine régulière qui atteint à Champagne, à Marcy-l'Étoile, à Craponne, l'altitude maximum de 307^m, soit environ 145^m au-dessus du Rhône. On la suit en aval à Francheville-le-Haut, 299^m; entre Beaunant et Brignais, puis vers Chassagny, 286^m; Givors, et enfin sur un beau plateau, 290^m, au-dessus de Sainte-Colombe. M. Doncieux n'en signale aucun lambeau sur la rive gauche.

3° *Terrasse de* 120^m-125^m. — Cette terrasse très étendue couvre le plateau de la Dombes, sous une couverture glaciaire, aux altitudes de 294^m à Beynost, 290^m à Saint-Maurice-de-Beynost, 285^m à Mas-Rillier jusqu'au village de Sathonay, 280^m. Elle traverse ensuite la Saône, passe au pied du mont Ceindre : La Chaux, 275^m, Crécy, 275^m, route de Saint-Didier, 280^m, forme le plateau de la Duchère, 270^m, puis le large plateau du Point-du-Jour, 276^m, ceux de Saint-Genis-Laval, 272^m, d'Irigny-Charly, et se retrouve au nord de Givors, 270^m et au-dessus de Loire, 270^m. Sur la rive gauche du Rhône, M. Doncieux en a noté de beaux fragments autour de Seyssuel, 275^m, ainsi qu'aux monts Salomon, 273^m, et Arnan, 268^m, au-dessus de Vienne.

Il est à remarquer que ces trois terrasses, d'origine purement fluviale, dessinent d'anciens tracés du Rhône, empiétant sur le Plateau Central et cela d'autant plus loin vers l'Ouest qu'il s'agit d'un niveau plus ancien et plus élevé.

II. Alluvions quaternaires. — *Terrasse de* 90^m-95^m. — Après un creusement intensif de la vallée, l'époque quaternaire débute par une période de remblaiement qui édifie une *haute terrasse* de graviers gris, en général peu grossiers et mêlés de lits sableux, qui domine de 95^m environ le thalweg actuel. On peut suivre aisément cette terrasse depuis le débouché de l'ancien Rhône par la cluse de l'Albarine à Ambérieu jusqu'à la Valbonne (croix de Béligneux, 279^m). A partir de Neyron, la terrasse quaternaire entame le plateau de la Dombes, se dirigeant obliquement sur le ravin de

Sathonay, *où se faisait alors le confluent de la Saône*, et constitue jusqu'à la Croix-Rousse le long plateau triangulaire de Caluire aux cotes 258 à Rillieux, 256 à Sathonay, 248 à Vassieux et au Vernay. A partir de Lyon, la haute terrasse forme un étroit liseré sur la rive droite de la Saône jusqu'à la Mulatière, puis sur la rive gauche à Saint-Fons, Feysin, Serezin. Je lui attribue plus au Sud, dans la région Chasse-Communay, la terrasse très aplanie 245^{m} qui, selon M. Doncieux, domine le Rhône de 90^{m}-95^{m} et dont j'ai retrouvé un beau lambeau, 243^{m}, au-dessus de Sainte-Colombe.

Le cours de ce premier Rhône quaternaire suivait donc à très peu près, tout au moins sur la feuille de Lyon, le tracé du fleuve actuel.

Il importe de noter qu'il s'agit d'une terrasse purement fluviale, indépendante de toute intervention glaciaire. Cette indépendance de la haute terrasse par rapport au glaciaire rissien qui la recouvre presque partout, s'affirme : 1° soit par l'absence de passage graduel vertical aux dépôts glaciaires, le sommet de la terrasse étant fréquemment durci et transformé en poudingue; 2° soit plus encore par le ravinement intense et presque constant des flancs de la terrasse par la boue glaciaire rissienne, comme à Neyron, à la Pape, à Saint-Clair, aux Étroits, etc.

A l'époque où le glacier rissien atteint Lyon, la haute terrasse non seulement existait déjà, mais avait été ravinée presque jusqu'au niveau du Rhône actuel par des érosions corrélatives d'un fort abaissement du niveau de base. C'est là un point de vue nouveau et très différent des conceptions antérieures qui regardaient la terrasse de 95^{m} comme l'émanation directe du glacier rissien.

Le glacier du Rhône n'a donc atteint la région lyonnaise qu'à une époque encore plus récente des temps quaternaires. L'étude de ces glaciations successives fera l'objet d'une prochaine Note.

En faisant hommage à l'Académie de son récent Ouvrage, *Études sur Léonard de Vinci*, troisième série : *Les précurseurs parisiens de Galilée*, M. **P. Duhem** adresse la lettre suivante :

Je vous serais extrêmement reconnaissant d'offrir de ma part, à l'Académie des Sciences, l'hommage de ce Livre.

Lorsqu'on étudie l'œuvre d'un de ceux qui, au début du XVIIe siècle, ont créé la Dynamique, l'œuvre de Galilée, par exemple, on a coutume d'en opposer les doctrines à celles d'Aristote; et comme on tient le moyen âge

tout entier pour asservi à la Physique péripatéticienne, on croit découvrir un abîme d'une profondeur extrême entre la science médiévale et la science des temps modernes; l'apparition de celle-ci semble une création soudaine que rien, dans le passé, n'annonçait ni ne préparait.

Une connaissance plus exacte des doctrines professées au sein des écoles du moyen âge nous conduit à réformer ce jugement. Elle nous apprend qu'au XIV[e] siècle les maîtres de Paris, rebelles à l'autorité d'Aristote, avaient construit une Dynamique entièrement différente de celle du Stagirite; que cette Dynamique contenait déjà, en ce qu'ils ont d'essentiel, les principes appelés à recevoir, de Galilée et de Descartes, une forme mathématique précise et la confirmation expérimentale; que ces doctrines parisiennes s'étaient, dès le début du XV[e] siècle, répandues en Italie, où elles avaient rencontré une vive résistance de la part des Averroïstes, gardiens jaloux de la tradition d'Aristote et du grand Commentateur; qu'elles avaient été adoptées, au cours du XVI[e] siècle, par la plupart des mathématiciens; enfin que Galilée, dans sa jeunesse, avait lu plusieurs des Traités où se trouvaient exposées ces théories appelées à recevoir de lui un développement magnifique.

La Dynamique de l'École de Paris, au milieu du XIV[e] siècle, s'incarne surtout en trois hommes : Jean Buridan, Albert de Saxe et Nicole Oresme.

Jean Buridan énonce la loi de l'inertie. Il lui donne une forme que Galilée gardera intacte et dont Descartes, le premier, accroîtra la précision. Celui qui lance un projectile lui communique un *impetus;* cet *impetus* demeurerait constant dans le mobile si la gravité de ce mobile et la résistance du milieu ne l'atténuaient sans cesse. Cet *impetus* est le produit de la masse du mobile, que Buridan définit comme la définira Newton, et d'une fonction croissante de la vitesse.

Cet *impetus* deviendra l'*impeto* ou *forza* de Léonard de Vinci. Précisant d'une manière inexacte la fonction de la vitesse que Buridan avait eu la prudence de laisser indéterminée, Galilée et Descartes admettront que l'*impetus* est proportionnel à la vitesse; ils en feront, l'un son *impeto* ou *momento*, l'autre sa *quantité de mouvement;* corrigeant cette définition erronée, Leibniz donnera, par sa *force vive*, l'évaluation quantitative de l'*impetus* que Buridan s'était borné à décrire d'une manière qualitative.

Un grave lancé vers le haut monte de plus en plus lentement, parce que la pesanteur, dirigée en sens contraire du mouvement du mobile, atténue l'*impetus* qui s'évanouit au moment où le mobile atteint le point culminant de sa course. Lorsqu'un grave tombe, au contraire, la pesanteur, qui est de

même sens que la vitesse du mobile, accroît sans cesse l'*impetus* et, partant, la vitesse.

Ces pensées de Buridan sont si parfaitement conformes à celles de Galilée que Torricelli, pour vulgariser ces dernières, reprendra, dans ses *Leçons académiques*, les raisonnements, les exemples et presque le langage du maître parisien.

Là où le mouvement n'est contrarié ni par la tendance naturelle du mobile, ni par la résistance du milieu, l'*impetus* demeure constant; le mouvement est uniforme et perpétuel. De cette loi d'inertie, Buridan fait l'application aux orbes célestes; en vertu de cette loi, ceux-ci gardent indéfiniment le mouvement qui leur a été communiqué, au moment de la création, par la « chiquenaude » initiale.

Cette affirmation de Buridan est une des plus considérables qui, au cours des siècles, ait été formulée en Physique; pour la première fois, on cessait d'attribuer le mouvement des astres à l'action d'êtres spirituels, d'intelligences séparées de la matière; pour la première fois, on déclarait que les mêmes principes dominent la Mécanique céleste et la Mécanique terrestre. On peut dire que la Science moderne est née le jour où cette affirmation a été posée.

Albert de Saxe admet toute la Dynamique de Buridan; non content de l'exposer avec grande clarté, il la précise en certains points; il se demande suivant quelle loi s'accélère la chute d'un grave; de cette loi, il propose deux formes : la vitesse est proportionnelle au chemin parcouru ou bien elle est proportionnelle à la durée de la chute; entre ces deux lois il demeure en suspens. Après avoir connu cette hésitation, Léonard de Vinci et Galilée opteront pour la seconde loi.

Dans son *Traité du Ciel* où, après minutieuse discussion, il accorde, au mouvement diurne de la Terre, la préférence sur le mouvement diurne du ciel, Nicole Oresme adopte, lui aussi, la Dynamique de Jean Buridan. Dans un autre écrit où, précurseur de Descartes, il use sans cesse des coordonnées et formule clairement l'idée essentielle de la Géométrie analytique, il se propose d'établir la loi du chemin parcouru dans un mouvement uniformément varié; la preuve qu'il en donne est cette *démonstration du triangle* que reprendront Galilée et Descartes. La règle, d'ailleurs, semble avoir été connue, à Paris et à Oxford, avant d'avoir reçu d'Oresme cette justification.

En réunissant les pensées de Buridan, d'Albert de Saxe et d'Oresme, on obtiendrait une part de la doctrine mécanique que l'on croit, communément, inventée en entier par Galilée.

Les Parisiens, d'ailleurs, n'avaient pas attendu Galilée pour faire cette synthèse. Avant le milieu du xvie siècle, un de leurs élèves, le dominicain espagnol Dominique Soto la regarde comme acquise. Partisan de la Dynamique de Buridan, Soto enseigne que la chute d'un grave est uniformément accélérée, que l'ascension d'un grave est uniformément retardée et, pour évaluer le chemin parcouru dans ces mouvements, il fait usage de la règle démontrée par Oresme.

Exposer en détail les découvertes de ces précurseurs parisiens de Galilée, décrire les vicissitudes qu'elles ont éprouvées jusqu'au jour où les grands mécaniciens du xviie siècle en ont assuré le triomphe, c'est tout l'objet du Livre que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie.

M. **Vito Volterra** fait hommage à l'Académie de ses *Leçons sur les fonctions de lignes*, professées à la Sorbonne en 1912.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** adresse le *Rapport sur le fonctionnement, pendant l'année* 1912, *du Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers*, par M. Douane.

MM. **de Forcrand**, **Grand'Eury** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats aux trois postes encore vacants d'Académiciens non résidents.

MM. **P. Clausmann**, **Marcel Merle**, **Louis Mercier** prient l'Académie de les compter au nombre des candidats au poste d'Essayeur, vacant à la Monnaie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule II (*Observations*) des *Annales du Bureau central météorologique*, publiées par M. A. Angot.

2° LEONHARDI EULERI *Commentationes analyticæ ad theoriam integralium ellipticorum pertinentes*, edidit ADOLF KRAZER.

3° *Letters and recollections of Alexander Agassiz, with a sketch of his life and work, edited by* G.-R. AGASSIZ.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la comète Metcalf* 1913 *b*. Note de M. **J. Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

Nous avons étudié, à Meudon, le spectre de la comète Metcalf 1913 *b* à l'aide du prisme à miroir objectif installé à l'Observatoire pour l'étude des comètes et des astres faibles. L'appareil a un diamètre de $0^m,25$ et un rapport d'ouverture de $\frac{1}{3}$, ce qui le rend particulièrement propre à ce genre de recherches.

Trois clichés ont été obtenus les 24, 25 et 26 septembre; ils ont été posés respectivement $2^h 23^m$ (plaque Lumière violette), $3^h 30^m$ (plaque Jougla mauve orthochromatisée) et enfin $3^h 10^m$ (plaque Lumière violette). Véga a chaque fois servi de spectre de comparaison.

Ces épreuves laissent voir un faible fond continu qui paraît s'étendre d'un bout à l'autre du spectre et trois condensations bien nettes : vers λ 473, vers λ 407 et vers λ 388; la première correspondant aux hydrocarbures (spectre de Swan) et la dernière étant attribuée au cyanogène. C'est là d'ailleurs le spectre le plus habituel des comètes.

En somme, le spectre de la comète Metcalf est presque identique à celui de la comète Schaumasse déjà étudié par nous en mai dernier [1]. Il est seulement plus faible, ce qui tient sans doute au diamètre apparent assez considérable de la comète actuelle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries de fonctions orthogonales*. Note de M. **Michel Plancherel**, présentée par M. Émile Picard.

En modifiant dans ses détails la méthode donnée par M. E. W. Hobson (*Proc. London Math. Soc.*, 2e série, t. XII, p. 297-308) pour étudier la con-

---

[1] *Comptes rendus*, 2 juin 1913, p. 1653.

vergence des séries de fonctions orthogonales, j'ai obtenu le théorème suivant, dont les théorèmes connus de Weyl et de Hobson sont des corollaires :

THÉORÈME. — *Si les fonctions* $\varphi_n(x)$ $(n=1, 2, 3, \ldots)$ *forment un système normé de fonctions orthogonales dans l'intervalle* (a, b), *c'est-à-dire si*

$$\int_a^b [\varphi_n(x)]^2\,dx = 1, \qquad \int_a^b \varphi_m(x)\,\varphi_n(x)\,dx = 0, \qquad m \neq n;$$

si, de plus, les constantes réelles c_n *sont telles que* $\sum_1^\infty c_n^2 (\log n)^3$ *converge, la série* $\sum_1^\infty c_n\varphi_n(x)$ *converge presque partout dans l'intervalle* (a, b).

Sans restreindre la généralité de la démonstration, nous pouvons prendre $a=0$, $b=1$ et considérer les logarithmes à base 10. Nous introduirons les abréviations

$$s(x; m, n) = \sum_{\nu=m+1}^{n} c_\nu\,\varphi_\nu(x), \qquad \sigma(m, n) = \sum_{\nu=m+1}^{n} c_\nu^2, \qquad S(m, n) = \sum_{\nu=m+1}^{n} c_\nu^2 (\log\nu)^3.$$

$\delta > 0$ étant pris arbitrairement petit, soit $N = N(\delta)$ un indice $\geqq 2$, tel que $S(10^N, \infty) < \delta^3$.

n étant un entier quelconque $> 10^N$ et r un entier tel que $10^r \leqq n < 10^{r+1}$, la première partie de la démonstration établit l'existence d'un ensemble K de points de l'intervalle $(0,1)$, indépendant de n et de r, sur lequel $|s(x;\ 10^r, n)| < 2\delta$. La seconde partie consiste à prouver qu'en tout point d'un ensemble M_δ, de mesure $> 1 - 19\delta$, on a $|s(x;\ n, n')| < 4\delta$, quels que soient n, $n' \geqq 10^N$. Enfin, la troisième partie montre que, sur un ensemble M de mesure aussi voisine de l'unité qu'on veut, $\sum_1^\infty c_n\varphi_n(x)$ converge uniformément.

1. Considérons l'ensemble $E^{(\lambda)}$ $(\lambda = 0, 1, 2, \ldots, r)$ des indices de la suite $10^r + \mu.10^\lambda$ $(\mu = 0, 1, 2, \ldots)$ qui sont inférieurs à 10^{r+1} $(r \geqq N)$ et répartissons-les par groupes $F_h^{(\lambda)}$ $(h = 0, 1, 2, \ldots)$ de dix indices

$$F_h^{(\lambda)}: 10^r + h.10^{\lambda+1}, \quad 10^r + h.10^{\lambda+1} + 10^\lambda, \quad \ldots, \quad 10^r + h.10^{\lambda+1} + 9.10^\lambda.$$

On voit que

$$\sum_{(h)}\sum_{k=1}^{9}\int_0^1 \left\{ s(x;\, 10^r + h.10^{\lambda+1},\, 10^r + h.10^{\lambda+1} + k.10^\lambda)\right\}^2 dx$$
$$< 9\sum_{(h)} \sigma[10^r + h.10^{\lambda+1},\, 10^r + (h+1)10^{\lambda+1}] < \frac{9}{r^3} S(10^r, 10^{r+1}),$$

la sommation (h) étant étendue à tous les groupes $F_h^{(\lambda)}$ de $E^{(\lambda)}$. Il existe, par conséquent, un ensemble G_λ de points de $(0,1)$, de mesure

$$> 1 - \frac{9}{\delta^2 r} S(10^r, 10^{r+1}),$$

en tout point duquel $|s(x;\, \alpha_1, \alpha)| < \frac{\delta}{r}$, α étant un indice quelconque de $E^{(\lambda)}$ et α_1 le premier indice du groupe $F_h^{(\lambda)}$ de $E^{(\lambda)}$ auquel appartient α. En particulier, si nous écrivons n en notation décimale

$$n = k_0 + k_1.10 + k_2.10^2 + \ldots + k_r.10^r \qquad (0 \leqq k_\rho < 10)$$

et si nous notons

$$n_1 = n - k_0,\quad n_2 = n_1 - k_1.10,\quad \ldots,\quad n_r = k_r.10^r,$$

nous voyons que n appartient au groupe $F_h^{(0)}$ dont le premier élément est n_1, n_1 appartient au groupe $F_h^{(1)}$ dont le premier élément est n_2, et ainsi de suite. n_r appartient à $E^{(r)}$ formé d'un seul groupe dont le premier élément est 10^r. Sur G_λ, on a donc $|s(x;\, n_{\lambda+1}, n_\lambda)| < \frac{\delta}{r}$.

Les points communs aux $(r+1)$ ensembles G_λ forment un ensemble H_r de mesure $> 1 - \frac{9(r+1)}{\delta^2 r} S(10^r, 10^{r+1}) > 1 - \frac{18}{\delta^2} S(10^r, 10^{r+1})$, en tout point duquel

$$|s(x;\, 10^r, n)| = \left| s(x;\, n_1, n) + \sum_{\lambda=0}^{r-1} s(x;\, n_{\lambda+1}, n_\lambda) + s(x;\, 10^r, n_r)\right| < \frac{\delta(r+2)}{r} < 2\delta;$$

cela, pour toute valeur de n comprise entre 10^r et 10^{r+1}. L'ensemble K des points communs à tous les ensembles $H_r (r \geqq N)$ a une mesure

$$> 1 - \frac{18}{\delta^2} S(10^N, \infty) > 1 - 18\delta;$$

en tout point de cet ensemble $|s(x;\, 10^r, n)| < 2\delta$, quels que soient les indices n, r, pourvu que $10^r \leqq n < 10^{r+1}$, $r \geqq N$.

2. Les formules immédiates

$$\sum_{t=N}^{m-1}\int_0^1 |s(x; 10^t, 10^m)|^2\,dx = \sum_{t=N}^{m-1}(t+1-N)\,\sigma(10^t, 10^{t+1}) < S(10^N, 10^m) < \delta^3$$

permettent d'affirmer que dans un ensemble de mesure $> 1-\delta$ toutes les expressions $|s(x; 10^t, 10^m)|(N \leqq t \leqq m)$ sont $< \delta$. L'ensemble L_m de tous les points, pour lesquels toutes les expressions $|s(x; 10^t, 10^{t'})|(N \leqq t, t' \leqq m)$ sont $< 2\delta$, contient certainement l'ensemble précédent; il a donc une mesure $> 1-\delta$. Or, L_m contient L_{m+1}; par conséquent, l'ensemble L des points communs à tous les ensembles $L_m (m \geqq N)$ a sa mesure $\geqq 1-\delta$. En tout point de L, $|s(x; 10^t, 10^{t'})|$ est $< 2\delta$, quels que soient $t, t' \geqq N$. Si maintenant nous désignons par M_δ l'ensemble des points communs aux deux ensembles K et L, la mesure de M_δ est $> 1-19\delta$ et, en chacun de ses points, $|s(x; n, n')| < 4\delta$, quels que soient les indices n, n' supposés $\geqq 10^{N(\delta)}$.

3. ε désignant un nombre positif arbitrairement petit et $\sum_1^\infty \delta_\nu$ une série convergente à termes positifs, de somme $< \varepsilon$, les ensembles $M_{\delta_1}, M_{\delta_2}, \ldots$ attachés aux nombres $\delta_1, \delta_2, \ldots$ contiennent un ensemble M de mesure $> 1-19(\delta_1+\delta_2+\ldots) > 1-19\varepsilon$. $\sum_1^\infty c_n \varphi_n(x)$ converge uniformément sur l'ensemble M, car sur cet ensemble $|s(x; n, n')|$ devient inférieur à la quantité arbitrairement petite $4\delta_\nu$, lorsque n, n' sont $\geqq 10^{N(\delta_\nu)}$. La mesure de M étant aussi voisine de 1 qu'on veut, les points de divergence de la série forment au plus un ensemble de mesure nulle; la série converge donc presque partout.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions multiformes admettant des valeurs exceptionnelles dans un domaine.* Note de M. **Georges Rémoundos**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je me propose de faire connaître ici de nouveaux résultats sur les familles de fonctions multiformes admettant dans un domaine D des valeurs exceptionnelles, qui viennent compléter ceux que j'ai eu l'honneur de

communiquer dans des Notes précédentes (¹). J'ai établi les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Soit une famille* (F) *de fonctions* $u = \varphi(z)$ *algébroïdes à* ν *branches finies dans un domaine* D. *Si les fonctions de cette famille ne prennent, dans ce domaine, aucune des valeurs représentées par les points d'une courbe* Γ *du plan* u (*cette courbe est alors exceptionnelle pour toutes les fonctions de la famille dans le domaine* D), *la famille est normale dans le domaine* D; *c'est-à-dire : de toute suite infinie de fonctions de la famille nous pouvons extraire une nouvelle suite infinie convergeant uniformément vers des fonctions-limites algébroïdes et finies dans* D *ou la constante infinie, dont le nombre total des branches est égal à* ν.

Théorème II. — *Soit* (F) *la famille composée de toute les fonctions* $u = \varphi(z)$ *définies par l'équation*

$$f(z, u) = u^\nu + A_1(z)u^{\nu-1} + A_2(z)u^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-1}(z)u + A_\nu(z) = 0,$$

où les $A_1(z)$, $A_2(z)$, ..., $A_\nu(z)$ *désignent des fonctions holomorphes dans le voisinage de* $z = 0$,

$$(2) \qquad \begin{cases} A_1(z) = a_1 + b_1 z + \ldots, \\ A_2(z) = a_2 + b_2 z + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_\nu(z) = a_\nu + b_\nu z + \ldots, \end{cases}$$

les coefficients $a_1, b_1, a_2, b_2, \ldots, a_\nu, b_\nu$ *et le degré* ν *étant fixes, tandis que tous les coefficients non écrits sont des paramètres variables, et considérons deux autres nombres quelconques* a *et* b *tels que*

$$\frac{a^\nu + a_1 a^{\nu-1} + a_2 a^{\nu-2} + \ldots + a_\nu}{b^\nu + a_1 b^{\nu-1} + a_2 b^{\nu-2} + \ldots + a_\nu} \neq \frac{b_1 a^{\nu-1} + b_2 a^{\nu-2} + \ldots + b_\nu}{b_1 b^{\nu-1} + b_2 b^{\nu-2} + \ldots + b_\nu}.$$

Si ce point $z = 0$ *n'est pas un point d'intersection des branches* (*c'est-à-dire l'équation* $x^\nu + a_1 x^{\nu-1} + a_2 x^{\nu-2} \ldots + a_\nu = 0$ *n'a pas des racines multiples*), *il existe un cercle*

$$|z| < R = R(\nu, a_1, b_1, a_2, b_3, \ldots, a_\nu, b_\nu, a, b),$$

(¹) *Le théorème de M. Picard et les fonctions multiformes* (*Comptes rendus*, t. 155, 2ᵉ semestre 1912, p. 818-820 et 1592-1595); *Sur les familles de fonctions algébroïdes* (t. 156, 1ᵉʳ semestre 1913, p. 862-865) et *Sur les séries et les familles de fonctions algébroïdes dans un domaine*, p. 1141-1144.

Voir aussi : *Le théorème de M. Picard et les fonctions multiformes* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XXXV, 1ᵉʳ semestre 1913).

dont le cercle est fixe ne dépendant que des nombres ν, a_1, b_1, a_2, b_2, ..., a_ν, b_ν, a, b [et nullement des paramètres variables des séries (2)] *à l'intérieur duquel toute fonction finie de la famille* (F) *ou bien admet un point singulier transcendant, ou bien prend au moins une fois une des valeurs représentées par les points de toute courbe du plan u joignant le point a au point b.*

Le résultat analogue au théorème I et concernant les familles de fonctions holomorphes dans un domaine D est établi par M. P. Montel dans son important Mémoire récemment publié [*Sur les familles de fonctions analytiques qui admettent des valeurs exceptionnelles dans un domaine* (*Annales de l'École normale supérieure*, t. XXIX, novembre 1912, p. 494-496)]. Quant au théorème II, c'est visiblement dans le domaine du célèbre théorème de M. Picard et dans la direction ouverte par M. Landau.

2. Pour les fonctions ayant une infinité de branches, j'ai établi les résultats suivants qui complètent ceux de M. Boutroux publiés dans ses travaux : 1° *Fonctions multiformes à une infinité de branches* (*Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, 3e série, t. XXII, 1905, p. 441-469); 2° *Sur les fonctions-limites des fonctions multiformes* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XXIV, 1907).

3. Soit $y(z)$ une fonction ayant une infinité de branches dans le voisinage d'un point z_0 et soit (E) un ensemble de branches $y(z)$ algébroïdes dans ce voisinage de $z = z_0$, dont chacune ne puisse se permuter qu'avec $\nu - 1$ au plus autres branches. On peut en extraire une suite infinie de branches convergeant uniformément vers des fonctions-limites (branches-limites) qui sont toutes algébroïdes dans le voisinage de $z = z_0$ ou vers la constante infinie. Il faut seulement supposer que le point z_0 ne soit pas un point d'indétermination complète de la fonction donnée $y(z)$; il faut qu'il existe au moins une ligne qui n'appartienne pas au domaine de l'indétermination dans le voisinage de $z = z_0$ de la fonction $y(z)$.

4. Si chaque branche de l'ensemble (E) se permute avec $\nu - 1$ autres branches dans le voisinage du point z_0 et si, en une infinité de points z tendant vers le point z_0 comme point-limite, l'ensemble dérivé de l'ensemble (E) a au plus ν valeurs, il en est de même dans tout le voisinage du point z_0 et l'ensemble (E) convergera uniformément dans le voisinage de z_0 vers des fonctions-limites (branches-limites) algébroïdes et finies dans le voisinage de z_0, dont le nombre total de branches est égal à ν.

Le point z_0 des théorèmes ci-dessus énoncés appartient à l'ensemble

dérivé de l'ensemble ζ des points critiques de notre fonction multiforme et c'est là précisément le complément que nous apportons aux résultats de M. Boutroux.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur quelques propriétés des ondes de choc et combustion.* Note de M. **Émile Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Soit un mélange gazeux susceptible de brûler, dont le degré de combustion est caractérisé par une variable α variant de o à 1. Ce mélange se trouve en un état homogène d'équilibre où le volume spécifique est σ_1, la température absolue T_1, la pression p_1 et où le degré de combustion α_1 est nul.

Dans ce mélange se propage une onde de choc et combustion portant le fluide à l'état σ_2, T_2, p_2, α_2. Nous supposerons d'ailleurs la dissociation négligeable, de sorte que nous ferons $\alpha_2 = 1$.

Soient L le pouvoir calorifique à volume constant dans l'état σ_1, T_1, et c_2 la chaleur spécifique des produits brûlés, *supposée fonction de la température seule*. La loi adiabatique dynamique donne

$$\int_{T_1}^{T_2} c_2 dT = L + \frac{p_1 + p_2}{2}(\sigma_1 - \sigma_2). \tag{1}$$

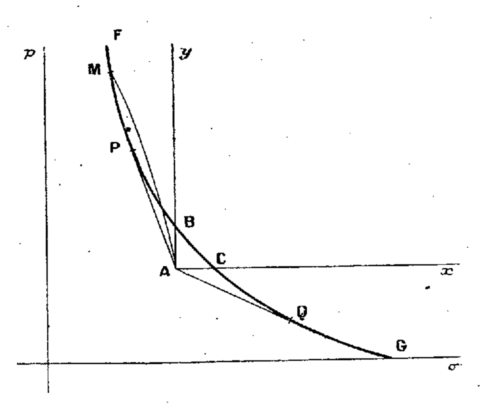
D'ailleurs,

$$p_1\sigma_1 = k_1 RT_1, \qquad p_2\sigma_2 = k_2 RT_2,$$

en désignant par k_1 et k_2 les nombres de molécules contenus dans l'unité de masse des gaz frais ou brûlés. L'état initial σ_1, T_1, p_1 étant donné, (1) fournit donc, entre p_2 et σ_2, une relation qu'on peut représenter (*voir* la figure) par une courbe FG dans un plan σ, p. Le point A représente l'état initial σ_1, p_1. Un point quelconque M de la courbe représente une onde de choc et combustion se propageant dans A.

M. Crussard, qui a le premier tracé cette courbe, s'est borné à la considérer dans la partie FB. Dans une Note publiée dans les *Comptes rendus* du 10 janvier 1910, j'ai étudié certaines de ses propriétés. J'ai montré notamment que les ondes correspondant à l'arc CQ se propageaient avec une vitesse inférieure à celle du son dans le milieu avant, et cette remarque m'a conduit à émettre des doutes sur leur possibilité. Je pense aujourd'hui que ces doutes étaient un peu exagérés. La propriété signalée me paraît toujours très importante au point de vue de l'altération des ondes au cours

de leur propagation quand les conditions aux limites ne sont pas convenables; elle ne me semble plus être un obstacle absolu à leur existence. Déjà dans deux Notes parues ici même le 17 mars et le 7 avril 1913, j'ai proposé, pour les déflagrations lentes, une interprétation qui les explique par une quasi-onde de l'arc CQ voisine du point C. En outre, les travaux



de M. Taffanel et un récent Mémoire de M. Crussard ([1]) me font penser que la considération des ondes de l'arc CQ peut être utile pour la théorie des explosions déflagrantes précédées d'une chasse préalable.

Il y a donc un certain intérêt à étudier les propriétés de la courbe FG, même en dehors de l'arc FB.

II. Pour les ondes P et Q, la célérité est égale à celle du son dans le milieu arrière. Cette célérité passe par un minimum en P, par un maximum en Q.

Il résulte des formules d'une Note antérieure ([2]) que la variation d'entropie produite par le passage de l'onde présente un minimum en P, un maximum en Q. Cette propriété a été déjà signalée par M. Chapman qui, toutefois, a cru qu'il s'agissait toujours d'un maximum.

III. Faisons l'approximation que la chaleur spécifique c_2 est constante, et soient γ_1 et γ_2 les rapports des chaleurs spécifiques dans les gaz frais et brûlés. La courbe FG devient, comme l'a montré M. Crussard, une hyperbole qui, rapportée à Ax, Ay est

$$\frac{\gamma_2+1}{2}xy+\gamma_2 p_1 x+\sigma_1 y+p_1\sigma_1-(\gamma_2-1)(L+c_2T_1)=0.$$

([1]) *Bulletin de l'Industrie minérale*, avril et mai 1913.

([2]) *Comptes rendus*, 27 décembre 1909.

Soit D la célérité d'une onde M. Le coefficient angulaire de la droite AM est $-\frac{D^2}{\sigma_1^2}$. On aura les célérités des ondes P et Q en déterminant les tangentes issues de A. Elles sont données par

$$(D^2 - \gamma_2 p_1 \sigma_1)^2 = 2D^2(\gamma_2 + 1)[(\gamma_2 - 1)(L + c_2 T_1) - p_1 \sigma_1].$$

Mais $\sqrt{\gamma_1 p_1 \sigma_1}$ est la vitesse E_1 du son dans le milieu avant. Donc

$$\left(D^2 - \frac{\gamma_2}{\gamma_1} E_1^2\right)^2 = 2D^2(\gamma_2 + 1)[(\gamma_2 - 1)(L + c_2 T_1) - p_1 \sigma_1]$$

et, par suite, *le produit des célérités des ondes* P *et* Q *est égal à* $\frac{\gamma_2}{\gamma_1} E_1^2$.

IV. Si l'on suppose le pouvoir calorifique L grand, on obtient facilement les formules approchées :

Onde P...... $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\gamma_2}{\gamma_2 + 1}$, $\qquad D^2 = 2(\gamma_2^2 - 1)L$,

Onde Q...... $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{2(\gamma_2 - 1)}{\gamma_2} \frac{L}{p_1 \sigma_1}$, $\qquad D^2 = \frac{\gamma_2^2}{2(\gamma_2^2 - 1)} \frac{p_1^2 \sigma_1^2}{L}$.

Les deux premières de ces formules ont été données par M. Chapman.

V. S'il est vrai que le phénomène de la déflagration lente observé en enflammant un mélange combustible à l'extrémité ouverte d'un tube est, selon l'interprétation que nous avons proposée le 17 mars 1913, une quasi-onde de choc et combustion de l'arc CQ, sa célérité est inférieure à celle de l'onde Q. D'autre part, l'onde P correspond à l'onde explosive. Le théorème du paragraphe III donne donc, en remarquant que γ_2 est en général inférieur à γ_1, le résultat suivant :

Le produit de la vitesse de l'onde explosive par celle de la déflagration lente est inférieur au carré de la vitesse du son dans le milieu avant.

Cette relation entre trois célérités intéressantes est un peu lâche, puisqu'elle s'exprime par une inégalité. Elle paraît néanmoins mériter d'être signalée. Pour le mélange tonnant d'oxygène et d'hydrogène, par exemple, elle est bien vérifiée puisque la vitesse du son est 520 mètres par seconde, celle de l'onde explosive 2810^m et celle de la déflagration environ 20^m.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de la résilience des alliages industriels du cuivre en fonction de la température.* Note ([1]) de MM. **Léon Guillet** et **Victor Bernard**, présentée par M. Le Chatelier.

Nos expériences sur la résilience des alliages de cuivre en fonction de la température, dont les premiers résultats ont été exposés dans une précédente Note ([2]), ont été poursuivies sur des laitons à teneur en cuivre inférieure à celle des échantillons utilisés au cours de nos premiers essais et sur une série de bronzes ordinaires; nous avons également étudié un alliage cuivre-aluminium-zinc industriel.

La composition des métaux employés est indiquée par le Tableau suivant, ainsi que leur état :

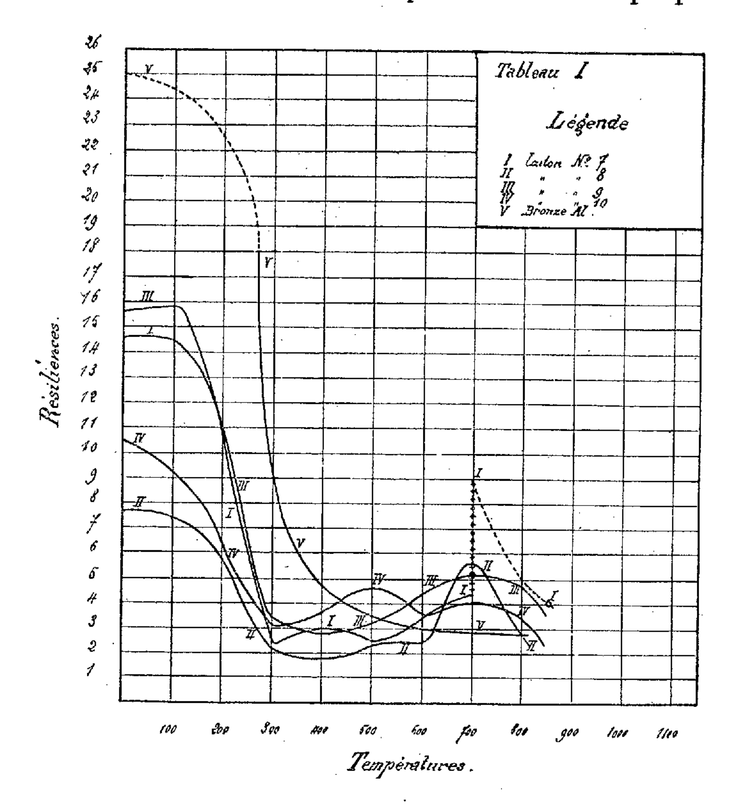
Désignation.	Cu.	Sn.	Pb.	Zn.	Fe.	Al.	P.	État du métal.
Bronze n° 1...	95,9	3,5	»	0,5	»	»	»	Laminés et recuits
» 2....	91,5	6,6	0,1	1,7	0,1	»	»	
» 3....	90,0	9,4	»	0,5	»	»	»	
» 4....	90,3	5,4	2,0	2,2	»	»	»	
» 5....	88,2	11,7	»	»	»	»	0,03	Coulés et recuits
» 6....	83,7	16,1	0,1	»	»	»	0,06	
» 7....	79,7	20,0	»	»	0,2	»	0,02	
Laiton n° 7....	60,4	»	0,2	39,3	0,1	»	»	Laminés et recuits
» 8....	59,44	0,63	1,53	37,89	0,49	»	»	
» 9....	61,4	»	»	38,5	0,1	»	»	
» 10....	57,2	0,1	0,2	42,3	0,2	»	»	
Bronze d'aluminium........	95,9	0,1	»	1,4	0,1	2,4	»	

Les résultats obtenus sont consignés dans les Tableaux (*fig.* 1 et 2); de même que précédemment, le travail de rupture ou résilience est exprimé en kgm : cm². Les parties pointillées des courbes se rapportent aux éprouvettes pliées et les parties pleines aux éprouvettes cassées; les zones intermédiaires sont représentées par des croix. Enfin, lorsqu'une branche de courbe se rapportant à du pliage comporte en un point une rupture ou inversement, cette anomalie est indiquée par un petit cercle chevauchant la courbe.

([1]) Présentée dans la séance du 29 septembre 1913.

([2]) Léon Guillet et Victor Bernard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1899.

Conclusions. — 1° La comparaison des courbes des laitons n°s 7 et 8 ne fait que confirmer les conclusions tirées précédemment à propos des laitons



5 et 6 de nos précédentes expériences en ce qui concerne l'influence du plomb : cet élément agit défavorablement sur la résilience à froid et à chaud. Les courbes des laitons 7 et 8 montrent aussi que ces alliages sont laminables à chaud.

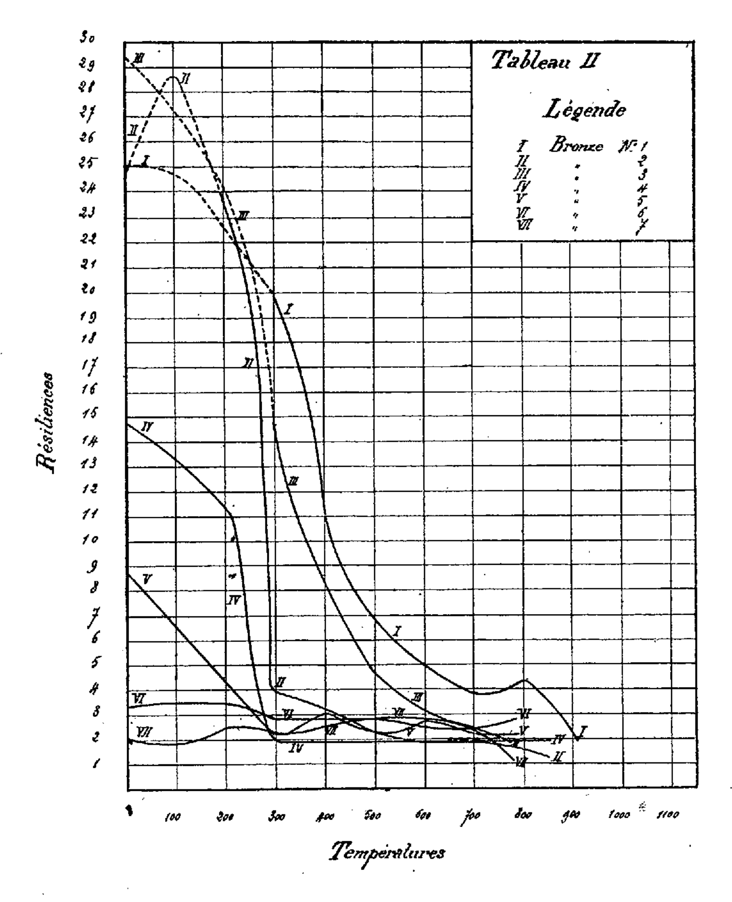
L'action du plomb est encore mise en évidence par la comparaison de la courbe du laiton n° 10 avec celle du laiton n° 8 qui, bien que plus riche en cuivre que le précédent, est, presque dans toute l'échelle des températures, plus fragile que celui-ci.

2° Le bronze d'aluminium au zinc (formé d'une solution solide) voit sa résilience décroître très rapidement avec l'élévation de la température, sans jamais présenter de relèvement.

3° La courbe des bronzes n°s 1, 2 et 3 présente la même allure que celle de l'alliage précédent; comme pour ce dernier, ils plient jusqu'à une tempé-

rature comprise entre 200° et 300°; le bronze n° 2 seul présente un maximum très net à 100°.

Les bronzes n°s 4, 5, 6 et 7 donnent lieu dans toute l'échelle des températures à des ruptures nettes. La résilience du bronze n° 4, qui diffère du n° 3 par le plomb et le zinc qu'il renferme, est en toutes circonstances



plus fragile que ce dernier; la différence est surtout accentuée dans les basses températures; la constance des valeurs qu'il fournit à partir de 300° est aussi très remarquable.

Les bronzes 5, 6 et 7 qui sont bruts des coulées ne présentent aucune variation notable de résilience au voisinage de la température de transformation; à la température ordinaire et jusqu'à 200°, leur résilience est nettement fonction de leur teneur en cuivre.

MÉDECINE. — *Un vaccin antigonococcique atoxique. Son application au traitement de la blennorrhagie et de ses complications.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Blaizot**, présentée par M. Laveran.

Depuis qu'il a été essayé pour la première fois, c'est-à-dire depuis 7 ans, le traitement vaccinal de la blennorrhagie et de ses complications n'a pas encore conquis la faveur du monde médical. C'est que les expérimentateurs se sont heurtés à une difficulté jusqu'à présent insoluble : la toxicité des vaccins. Cette toxicité, générale pour tous les vaccins microbiens, est particulièrement marquée en ce qui concerne le gonocoque. Une faible dose, insuffisante au point de vue curatif, provoque une réaction si pénible que l'institution d'un traitement intensif qui, seul, permet des résultats utiles, a été jusqu'à ce jour chose impraticable. Tel est le cas en particulier de l'Artigon de Brück, dont Schültz, Brück et Sommer, Föckler, Simon ont noté les effets toxiques.

Abolir la toxicité d'un vaccin est la condition indispensable à réaliser avant de préconiser son emploi. La vaccinothérapie n'est possible qu'avec des vaccins atoxiques.

Des efforts tentés pour obtenir ce résultat, le plus ingénieux a été l'application au vaccin antigonococcique de la méthode des vaccins sensibilisés de Besredka. Mais, outre que cette méthode ne paraît pas susceptible de fournir des vaccins stables, capables de se conserver indéfiniment actifs, le résultat cherché, l'abolition de la toxicité n'a point été atteint. Inoculé sous la peau (Cruveilhier), le vaccin sensibilisé détermine des troubles appréciables : fièvre, malaise, céphalalgie, et par inoculation veineuse (Nicolle et Blaizot) une réaction générale, parfois dramatique. L'inoculation pure et simple de gonocoques vivants (Nicolle et Blaizot) n'est pas plus toxique.

Nous avons réussi à supprimer totalement la toxicité du vaccin antigonococcique, en même temps qu'à obtenir un produit stable, qui conserve indéfiniment ses propriétés thérapeutiques à la façon d'un sérum. Notre méthode étant applicable à d'autres microbes, nous en réservons la publication jusqu'au moment où nous aurons terminé nos expériences.

Le pouvoir curatif de notre vaccin atoxique s'est trouvé considérablement accru. Inoculé aux mêmes doses qu'auparavant, il provoque une guérison plus rapide ; à doses supérieures, il montre une efficacité plus grande, sans qu'on observe la moindre réaction locale ou générale.

Son efficacité est démontrée par la statistique suivante qui porte sur 200 malades :

Ophtalmie blennorrhagique. — On sait la gravité de cette complication, qui fait encore tant d'aveugles, et la lenteur des traitements ordinaires, même dans les cas les plus favorables. 24 cas traités ont donné 24 guérisons, en 3 à 10 jours, les inoculations de vaccin étant répétées tous les jours ou tous les deux jours. L'action curative est immédiate; le lendemain de la première inoculation, le malade ouvre les yeux et l'intégrité de l'œil est de suite assurée.

Orchite blennorrhagique. — 20 cas traités et guéris par 4 à 6 inoculations, répétées tous les deux jours. La douleur cesse 24 heures après la première inoculation et aussitôt la résolution commence. Le malade peut reprendre ses occupations après un jour. Une guérison si rapide met à l'abri de la stérilité.

Rhumatisme blennorrhagique. — 3 cas traités et guéris après 2 à 8 inoculations, répétées tous les deux ou trois jours. Nous avons vu se lever, après 4 injections, un malade alité depuis 8 mois.

Uréthrite aiguë ou chronique (simple ou compliquée de cystite). — 127 cas traités. La douleur, les phénomènes d'œdème et de tension cèdent rapidement; l'écoulement est ensuite atteint; dans plusieurs cas il a disparu dès la troisième inoculation. Cependant, il est toujours prudent de ne pas considérer le malade comme à l'abri d'une rechute, sitôt l'écoulement tari; il est bon de poursuivre encore quelque temps les inoculations; en général, 7 ou 8 sont nécessaires. De très anciens écoulements (un an et demi) ont été ainsi guéris. La vaccinothérapie ne doit pas dispenser du traitement local (lavages). On s'exposerait également à des mécomptes si l'on ne prenait soin de contrôler la nature gonococcique de l'écoulement par des examens microscopiques.

Nous ferons connaître ultérieurement les résultats que nous avons obtenus dans la blennorrhagie de la femme, ainsi que ceux que donne notre vaccin, appliqué dès le début de la blennorrhagie, pour la prévention certaine de ses complications extra-uréthrales (orchite en particulier). Ce dernier point n'est pas le moins intéressant.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absorption des rayons visibles par les oxyhémocyanines.* Note de MM. **Ch. Dhéré** et **A. Burdel**, présentée par M. A. Dastre.

L'examen spectroscopique de l'absorption des rayons visibles par le sang à hémocyanine de divers invertébrés a été effectué depuis longtemps par de nombreux auteurs (Papillon et Rabuteau, Fredericq, Krukenberg, Mac Munn, Halliburton, etc.). D'une façon générale, on a admis que l'oxyhémo-

cyanine ne présente pas de bande d'absorption. Krukenberg a cependant observé, en opérant notamment avec du sang d'Escargot, que les rayons jaunes sont un peu plus fortement absorbés que les autres, et l'un de nous a aussi fait précédemment la même constatation en opérant, par exemple, avec une solution chlorurée sodique d'oxyhémocyanine d'Escargot cristallisée (¹). La figure ci-dessous reproduit la photographie du spectre d'absorption d'une telle solution interposée sous les épaisseurs suivantes : 45^{mm}, 50^{mm}, 55^{mm}, 60^{mm}, 65^{mm}, 70^{mm} et 75^{mm}.

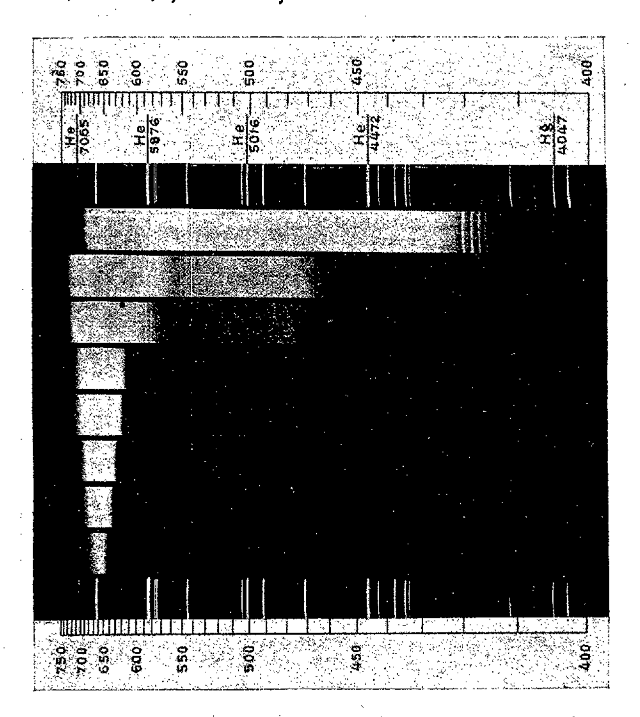


Fig. 1. — Oxyhémocyanine d'Escargot cristallisée, dissoute dans NaCl $\frac{n}{5}$.

Cette photographie a été obtenue au moyen d'un spectrographe de grande luminosité, à deux prismes de flint très dispersifs ($n_D = 1,75$). On utilisait, comme source lumineuse, le cratère positif d'un arc au charbon de 15 ampères. Au-dessous du spectre de référence (spectres d'émission de l'hélium et du mercure), on voit le spectre de la source (spectre témoin), obtenu avec une pose d'*un dixième de seconde* seulement. Pour les spectres d'absorption, la pose a dû être considérablement allongée.

(¹) Dhéré, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXIV, 1908, p. 788.

Elle a été, d'une façon uniforme, de *quatre minutes*. Cette photographie montre que, comme nous venons de le mentionner, il y a, sous une épaisseur convenable, une absorption portant d'une façon prédominante, dans la continuité du spectre, sur les rayons des régions jaune et jaune verdâtre, sans que l'on puisse d'ailleurs observer de bande d'absorption nette. Il y a lieu, de plus, de relever la grande transparence pour les rayons rouges. Mais la solution chlorurée sodique d'oxyhémocyanine d'Escargot est for-

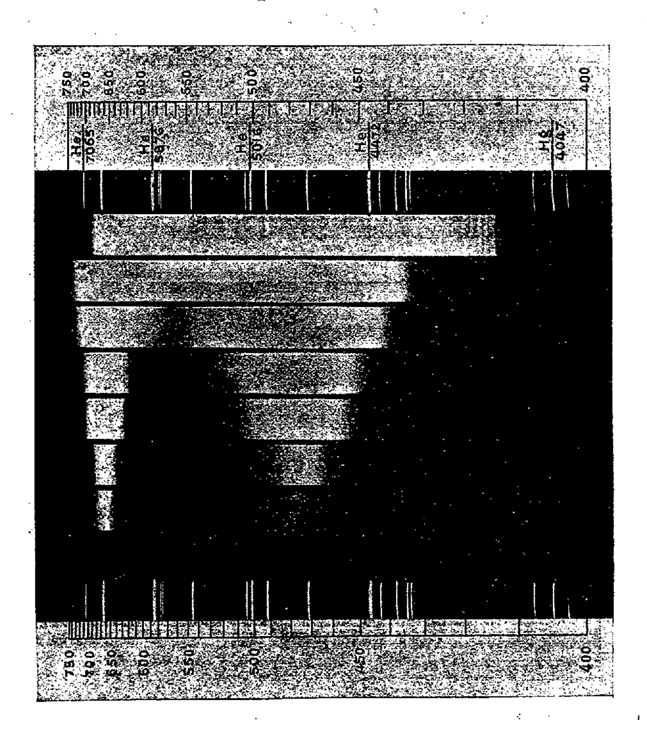


Fig. 2. — Oxyhémocyanine d'Escargot cristallisée, dissoute dans $CO^3Na^2 \frac{n}{100}$.

tement opalescente (et il en est de même du sang d'Escargot). Nous avons donc affaire, dans ce cas, à un spectre de nature complexe, à cause des phénomènes de réflexion lumineuse sur les grosses particules colloïdales. En faisant dissoudre des cristaux d'oxyhémocyanine d'Escargot dans du carbonate de soude $\frac{n}{100}$, par exemple, on obtient une solution relativement limpide qui, comme le montre la figure ci-dessus, offre *une bande d'absorption très accusée s'étendant, pour une largeur moyenne, entre les radiations* λ 610 *et* λ 531$^{\mu\mu}$ environ. (Pour cette série de spectres d'absorption,

la pose a été réduite à *deux minutes*, les épaisseurs consécutives étant, en millimètres : 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5; 30; 32,5.)

Le sang de Seiche (¹) et celui de Langouste (tous deux assez limpides), que nous avons aussi examinés à ce point de vue, présentent, également d'une façon très nette, une bande analogue, mais avec une moindre trans-

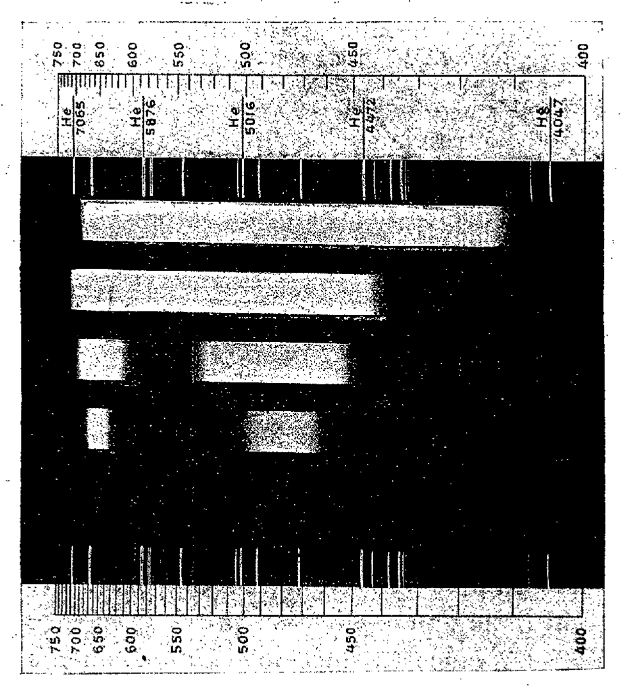


Fig. 3. — Sang de Langouste (épaisseurs : 60^{mm}, 70^{mm}, 80^{mm} et 90^{mm}).

parence relative par les rayons rouges (surtout appréciable dans le cas du sang de Seiche). Il semble donc qu'il s'agit là d'*une bande commune à toutes les oxyhémocyanines*, bien qu'il existe des différences notables dans la marche de l'absorption des plages terminales suivant la provenance zoologique de ce pigment (²).

Ajoutons qu'en transformant l'oxyhémocyanine en hémocyanine par un agent réducteur (hydrosulfite de sodium), on fait disparaître la bande en question, qui reparaît après agitation de la solution à l'air.

(¹) Nous devons l'échantillon de sang de Seiche utilisé à la grande obligeance de M. le professeur Cori qui nous l'a adressé de Trieste.

(²) Le fait que cette bande a échappé jusqu'à présent aux observateurs tient certainement à ce qu'elle n'est nettement visible qu'en se plaçant dans des conditions

SISMOLOGIE. — *Sur un essai de synthèse des phénomènes sismiques et volcaniques.* Note [1] de M. DE MONTESSUS DE BALLORE, présentée par M. Ch. Barrois.

Malgré sa très grande généralité, la loi qui rattache aux zones géosynclinales les régions sismiques en laisse échapper un certain nombre, très peu à la vérité, soit parce qu'elles se trouvent en dehors du trajet de celles-là, soit parce que la trop grande ancienneté des derniers mouvements orogéniques au sein des géosynclinaux en certaines de leurs parties ne permet pas d'admettre leur survivance sous la forme atténuée de tremblements de terre actuels. En d'autres termes, les pays d'architecture plissée d'origine récente ne sont pas exclusivement le théâtre des mouvements sismiques qui peuvent affecter aussi, quoique en très peu d'endroits, ceux d'architecture tabulaire.

La Chine étant le pays où se produisent le plus grand nombre de ces tremblements de terre, c'est là qu'on peut espérer trouver la solution de la difficulté. Or les récentes explorations qui y ont été faites démontrent que dans sa partie septentrionale, c'est-à-dire la plus instable sismiquement, le relief actuel de ce pays résulte de soulèvements quaternaires par gauchissement étendu sans véritable surrection géosynclinale. Ces tremblements de terre rencontrent donc une explication provisoirement hypothétique si on les rapporte à la survivance atténuée de ces mouvements épirogéniques récents.

En fait cette hypothèse s'est effectivement réalisée par deux tremblements de terre : à celui de l'Assam du 12 juin 1897 la pénéplaine des Khasi et des Garo Hills a été gauchie, puis fracturée, par un mouvement épirogénique indiscutablement vérifié par la retriangulation géodésique; à celui du moyen Mississipi du 16 décembre 1811 la Sunken Country a été le théâtre de mouvements épirogéniques manifestés par des ennoyages étendus et des surélévations non moins amples en forme de dômes. Dans l'un et l'autre

---

d'examen bien spéciales. Il est indispensable, en effet, d'employer une couche liquide très riche en pigment, si riche qu'elle semble à peu près opaque, à moins qu'on ne se serve d'une source lumineuse extrêmement intense.

La bande que nous signalons ici ne doit pas être confondue avec celle qu'aurait observée Hénocque sur du sang de Squille, bande dont le maximum tombait sur la raie E(λ 527$^{\mu\mu}$) et qui avait, par conséquent, une tout autre localisation.

[1] Présentée dans la séance du 22 septembre 1913.

pays, ces mouvements n'ont fait qu'en continuer d'autres antérieurs du même genre.

Cette même explication s'applique termes pour termes, mais cette fois par conjecture sans preuves directes de fait, aux tremblements de terre du golfe de Bothnie et de la Finlande, du Saint-Laurent (5 février 1663) et de la plaine atlantique côtière des États-Unis (31 août 1886), par où ne passent pas de géosynclinaux, mais où se sont produits des mouvements épirogéniques récents. Elle s'étend aussi à ceux de la Nouvelle-Zélande (Détroit de Cook, 1848 et 1855) dont les derniers mouvements orogéniques datant du Jurassique ont depuis été remplacés jusqu'à l'époque actuelle inclusivement par des mouvements épirogéniques. De toutes les régions à tremblements de terre situées en dehors des géosynclinaux, seule la Baïkalie échappe à cette explication.

Il semble bien que les travaux géologiques les plus récents tendent à faire considérer les mouvements orogéniques des géosynclinaux (plissements, chevauchements et surrections) comme subordonnés aux mouvements épirogéniques (déformation du relief, transgressions et régressions) et dès lors les régions à tremblements de terre se trouveraient englobées aussi dans une formule géologique plus étendue que celle qui les rattache aux géosynclinaux.

Toutefois la proposition inverse n'est pas exacte : les régions à mouvements épirogéniques récents ne sont pas toutes des régions à tremblements de terre ; il reste donc, dans la genèse des phénomènes sismiques, un facteur géologique qui pour le moment échappe complètement.

On notera encore que les grands épanchements éruptifs tranquilles, quaternaires et tertiaires et même secondaires, du Dekkan, de la Sibérie, du nord-ouest des États-Unis, de la Patagonie, de l'Atlantique septentrional et peut-être même du Plateau Central français (basalte des plateaux) se sont produits non dans les géosynclinaux, mais au sein des régions à mouvements épirogéniques contemporains de ces épanchements, tandis que les volcans à éruptions violentes sont subordonnés aux géosynclinaux. La nouvelle et plus ample formule des régions sismiques semble donc applicable aussi aux régions volcaniques, déduction qui d'ailleurs n'infirme en rien la loi de l'indépendance reconnue entre deux classes de phénomènes.

Je me réserve de traiter ces diverses considérations dans un travail plus étendu basé sur l'observation pure.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observation d'une curieuse formation de cirrus.* Note [1] de M. **Ph. Flajolet.**

Dans un article récemment publié [2], M. Kr. Birkeland a montré le grand intérêt qui s'attache à l'observation des bandes de cirrus. La cause première qui préside à la production de ces nuages réside, suivant cet auteur, dans les courants électriques circulant dans les couches supérieures de l'atmosphère : ces courants, formés de rayons hélio-cathodiques qui sont aspirés vers la Terre par le magnétisme terrestre, créeront, par induction, des courants dans la Terre et peut-être aussi une strate sensible de l'atmosphère. Ces courants d'induction seraient dus à deux causes : la pulsation dans le système primaire des rayons et la rotation de la Terre par rapport à ce système. Si faibles qu'ils soient, ils donneront lieu à une abondante formation de noyaux pour la condensation des vapeurs aqueuses contenues dans l'atmosphère. M. Birkeland conclut donc à des observations simultanées des bandes de cirrus, qui permettront de déterminer si leur formation est bien due à ces courants électriques, et conseille, en même temps, de recourir à des enregistrements magnétiques suivis et en différents lieux.

Nous avons pu faire le 20 septembre dernier, à l'Observatoire de Saint-Genis-Laval, une curieuse observation qui doit être rapprochée de telles déductions : observation de bandes de cirrus orientées d'une part, perturbation magnétique d'autre part.

Le phénomène attira notre attention à $20^h 20^m$ (temps moyen de Greenwich) et se présentait ainsi : une vingtaine de bandes nuageuses traversaient tout le ciel de l'Ouest à l'Est, occupant au zénith une largeur totale d'environ 30°. Ces bandes semblaient se réunir à 9° environ au-dessus de l'horizon, tant à l'Est qu'à l'Ouest, la direction moyenne du faisceau de bandes faisant un angle d'environ 17° avec la ligne Est-Ouest, et sensiblement perpendiculaire au plan du méridien magnétique [3].

Toutes ces bandes se détachaient en blanc sur le fond bleu sombre du ciel; les plus larges atteignent 2° à 3°, les plus fines 15′ environ. Certaines bandes paraissaient

---

[1] Présentée dans la séance du 29 septembre 1913.

[2] *Revue générale des Sciences : La formation des nuages du niveau supérieur*, 15 août 1913, p. 576.

[3] Il n'y a aucun doute que la convergence n'était pas un phénomène de perspective : tous les points étaient faciles à mesurer à 1° près environ et l'aspect était bien celui des lignes entre les pôles d'un aimant.

dédoublées, particulièrement l'une d'entre elles, qui était visible dans la partie sud; d'autres présentaient des stries perpendiculairement à leur direction.

Les bandes s'épaissirent rapidement, les cirrus se transformant en cirro-cumulus. A $20^h 40^m$ les bandes ont en partie disparu de la partie ouest du ciel, mais conservent encore à l'Est, nettement, leur orientation primitive. A ce moment il s'en présente,

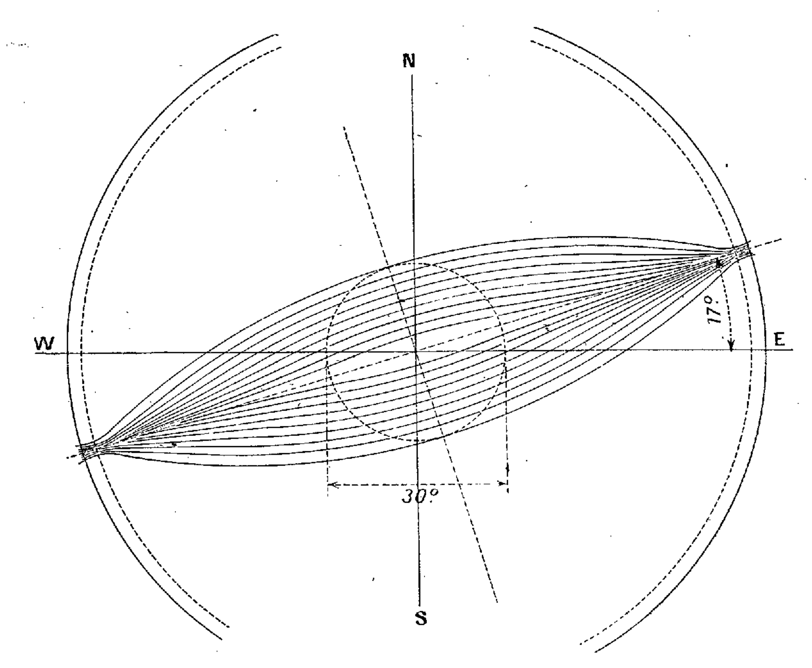


Fig. 1. — Projection des bandes de cirrus sur le plan de l'horizon.

dans cette partie du ciel, une dizaine très fines, n'ayant une largeur que de quelques minutes chacune.

Tous ces nuages sont entraînés lentement par un vent faible de Nord-Ouest. A $21^h 10^m$ on ne retrouve aucune trace de la formation précédente; les nuages se sont éloignés vers le Sud-Est, où l'on ne remarque plus qu'une masse d'alto-cumulus.

Notre observatoire possédant une installation assez complète pour l'observation et l'enregistrement photographique du magnétisme terrestre, il était intéressant de dépouiller très soigneusement la feuille du magnétomètre. Les composantes verticale et horizontale n'ont pas été perturbées ou, si elles l'ont été, les perturbations sont de l'ordre de grandeur de celles qui sont causées par les courants vagabonds de nombreuses lignes électriques qui passent au voisinage de l'observatoire (à 1^{km}). Il n'en est pas de même pour la déclinaison. La courbe de la journée, jusqu'à $19^h 7^m$, est très calme : mais, à $19^h 8^m$, une perturbation commence; elle passe par

son maximum d'intensité vers $19^h 55^m$; elle décroît ensuite, la courbe passe par un minimum à $20^h 25^m$, remonte, puis reprend son cours normal à $20^h 30^m$.

L'amplitude de cette perturbation atteint 1′ 30″.

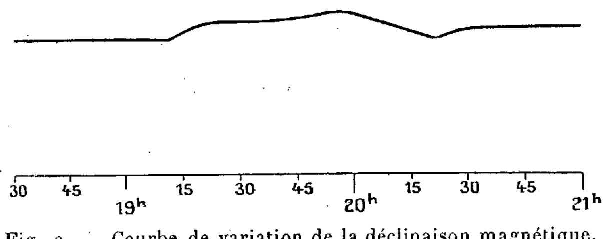


Fig. 2. — Courbe de variation de la déclinaison magnétique.
Échelle : $80^{mm} = 30'$.

Cette concordance est très curieuse : on ne peut rien conclure, bien entendu, d'une observation isolée, mais nous avons jugé intéressant de la signaler, d'autant plus que, à côté de nous, la même observation fut faite, d'une manière concordante, par Mlle Th. Leroy.

M. R. Leroux adresse un *Projet d'aérostable.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures trois quarts.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 OCTOBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. W. Foerster, Blaserna; Sir David Gill, MM. Stratton, Pritz, Tanakadaté, Membres du Comité international des Poids et Mesures.

Il souhaite également la bienvenue à M. Gouy, Académicien non résident.

ENTOMOLOGIE. — *L'acclimatation du* Novius cardinalis *en France.* Note de M. **Paul Marchal**.

J'apporte, dans la présente Note, le résultat de la campagne qui vient d'être faite dans le midi de la France, sous les auspices de la Direction des Services scientifiques du Ministère de l'Agriculture, pour y combattre un nouveau fléau d'origine exotique au moyen de l'un de ses ennemis naturels.

Le fléau dont il s'agit est une Cochenille, l'*Icerya Purchasi*, originaire d'Australie, qui, introduite accidentellement en Californie vers 1868, y a fait les plus grands ravages et menaça d'y ruiner la culture des orangers et des citronniers. Le mal ne put être enrayé que grâce à l'introduction d'une petite Coccinelle, le *Novius cardinalis*, ennemi naturel qui limite en Australie la multiplication de la Cochenille. Le résultat de cette acclimatation qui fut réalisée par Riley, alors Directeur de la Division d'Entomologie du Département de l'Agriculture des États-Unis, fut si favorable qu'une année et demie après son introduction, le *Novius* avait débarrassé la région des *Icerya* et réduit leur nombre à une quantité pratiquement négligeable.

D'autres invasions d'*Icerya* se produisirent ultérieurement sur divers points du Globe et notamment dans l'Europe méridionale, au Portugal et en Italie. Grâce à l'introduction et à l'élevage du *Novius*, elles furent combattues avec le même succès. Jusqu'à ces dernières années notre littoral était resté indemne; mais, au mois de mars 1912, un propriétaire du Cap Ferrat, près de Beaulieu (Alpes-Maritimes) nous fit parvenir des échantillons d'une Cochenille nouvelle pour la région et qui n'était autre que l'*Icerya Purchasi*. Importée accidentellement d'Italie avec des plantes d'ornement, elle avait envahi son jardin où elle se multipliait avec une grande intensité sur les Aurantiacées et sur de nombreux arbustes d'ornement. Notre premier soin fut de faire délimiter le foyer : sa surface ayant paru circonscrite dans trois propriétés qui occupaient le milieu de la presqu'île du Cap Ferrat, il fut décidé de tenter l'extinction par l'emploi d'insecticides appropriés et, partout où la chose serait possible, en soumettant les arbres fortement atteints au recépage ou à une taille sévère. Tout en étant utiles pour retarder la marche du fléau, ces opérations ne pouvaient être considérées que comme fort aléatoires, au point de vue d'un succès complet et définitif. Aussi, dès que l'invasion d'*Icerya* fut portée à notre connaissance, les dispositions nécessaires furent-elles prises en vue de l'acclimatation du *Novius*. Un premier envoi, qui comportait huit individus à divers stades de développement, nous fut adressé d'Italie, dans le courant de juillet, par la Station entomologique de Portici et mon préparateur, M. Vuillet, fut immédiatement envoyé en mission à Saint-Jean-du-Cap-Ferrat pour procéder à la multiplication et à l'acclimatation de cette première colonie. Afin d'assurer le mieux possible le succès de cette entreprise, une première multiplication fut faite dans une cage en nourrissant les Coccinelles à l'aide d'*Icerya* recueillis sur les arbres, et, dès la première quinzaine d'août, une nombreuse génération de jeunes larves fut observée.

Plusieurs envois successifs nous parvinrent ensuite d'Italie, du Portugal et d'Amérique (¹), et grâce à la multiplication des *Novius* en cage, nous étions, vers le 15 août, en possession de près d'un millier de ces Insectes. C'est à cette époque que cette légion d'auxiliaires, tenue jusque-là en réserve, fut

(¹) Nous sommes redevables des ces envois : pour l'Italie, à M. Silvestri, directeur du Laboratoire d'Entomologie agricole de Portici; pour le Portugal, à MM. Da Silva et Duarte d'Oliveira; pour les États-Unis, à M. Howard, directeur du Bureau d'Entomologie du Département de l'Agriculture. Nous leur adressons l'expression de notre vive reconnaissance pour le très grand service qu'ils ont ainsi rendu à l'Agriculture française.

utilisée pour y prélever, au fur et à mesure de la multiplication, de nouvelles escouades pour livrer combat à l'*Icerya*. Pendant la deuxième quinzaine d'août et pendant les mois de septembre et d'octobre 1912, M. Poirault, directeur de la Station de biologie végétale d'Antibes (villa Thuret) et inspecteur du Service physiopathologique, continua la campagne commencée par M. Vuillet et put distribuer des colonies de la précieuse Coccinelle sur tous les points envahis par l'*Icerya*, c'est-à-dire dans les jardins d'une dizaine de villas groupées autour du foyer primitif.

Toutes ces colonisations furent faites en suspendant dans des arbres envahis des boîtes découvertes ou des tubes en toile métallique contenant des Coccinelles à divers stades de développement avec quelques *Icerya*. Les mailles des tubes étaient assez larges pour permettre aux *Novius* de se répandre au dehors.

Dès la fin de septembre 1912, grâce à la très active et persévérante collaboration que nous donna M. Poirault, on pouvait considérer la naturalisation du *Novius* comme un fait accompli, et, à la fin de l'année, il était disséminé sur tous les points contaminés et avait débarrassé les arbres de leurs *Icerya* dans le jardin où avaient été faites les premières colonisations.

Après un arrêt de l'évolution des deux Insectes pendant l'hiver, l'*Icerya* parut reprendre une légère avance sur le prédateur au printemps de 1913; mais, grâce aux réserves de *Novius* qui avaient été faites dans les cages d'élevage, de nouvelles colonies furent établies dans toute la région envahie et le succès fut alors aussi complet qu'on pouvait le désirer. Tous les arbres attaqués se couvrirent de *Novius* aux divers stades de leur développement et ceux-ci, dévorant les larves, les adultes et les œufs d'*Icerya*, firent un tel carnage de ces Insectes que leur nombre se mit à décroître avec une invraisemblable rapidité. Au mois de juillet de cette année et dans le courant d'août, on ne voyait plus guère que des dépouilles desséchées et des sacs ovigères lacérés et vides de leur contenu, et si l'on n'avait eu l'enseignement des invasions antérieures, on aurait pu croire à un complet anéantissement de l'*Icerya*. En tout cas, la réduction du nombre de ces Insectes fut à ce moment poussée si loin que le *Novius* lui-même pouvait être considéré comme en péril et menacé de disparaître par inanition. Il devenait, en effet, impossible de trouver des *Icerya* pour alimenter les réserves du précieux auxiliaire et celles-ci, faute de vivres, durent être mises en liberté. Malgré la disette, un nombre suffisant de *Novius* parvinrent toutefois à se maintenir en vie au dehors et, à mon dernier voyage au Cap Ferrat dans les premiers jours d'octobre, j'ai pu constater que, partout où l'on voyait réapparaître

quelques *Icerya*, le *Novius* ne tardait pas, lui aussi, à s'installer pour y accomplir son œuvre libératrice.

Le fléau qui menaçait nos contrées méridionales peut donc être considéré aujourd'hui comme complètement conjuré par la Coccinelle australienne. Les *Icerya* n'existent plus qu'en quantités insignifiantes et, partout où ils tendront à s'établir pour y former des taches nouvelles, ils y seront poursuivis par le *Novius cardinalis*, dont une réserve est d'ailleurs entretenue au Cap Ferrat en vue de l'établissement éventuel de nouvelles colonies et pour hâter au besoin la dispersion de l'Insecte prédateur.

Il m'a paru utile de signaler le succès de l'acclimatation du *Novius cardinalis* en France; car aucun exemple n'est de nature à mieux faire ressortir la valeur de la méthode qui consiste à faire échec aux ravageurs de nos cultures en les mettant en conflit avec leurs ennemis naturels : elle permet de rétablir l'équilibre en notre faveur et dispense de recourir à des procédés de destruction coûteux et d'efficacité souvent incertaine.

GÉOLOGIE. — *L'histoire fluviale et glaciaire de la vallée du Rhône aux environs de Lyon.* Note de M. CHARLES DEPÉRET.

Après avoir analysé les faits d'alluvionnement de la fin du Pliocène et du début du Quaternaire (*Comptes rendus*, 6 octobre 1913), j'arrive à l'histoire de l'invasion du glacier rhodanien dans la région de Lyon, et j'essayerai d'établir que cette invasion a eu lieu non pas seulement à deux reprises, comme on l'a cru jusqu'ici, mais à trois époques différentes, correspondant chacune à un état de creusement déterminé de la vallée et à la formation de *trois terrasses* fluvio-glaciaires indépendantes.

PREMIÈRE GLACIATION : *Moraines rissiennes et terrasse de* 55^m-60^m. — On connaît depuis longtemps, et la feuille de Lyon précise assez exactement, l'extension maximum du glacier du Rhône à l'époque rissienne. Le front de ce glacier, large de plus de 100^{km} et ses moraines terminales souvent mal accusées devaient lui donner l'apparence d'un petit *islandsis*, s'étalant sur les plaines de la Bresse et de la Dombes, puis franchissant le Rhône et la Saône au nord de Lyon pour s'établir sur les terrasses pliocènes de la rive droite et retourner enfin en arrière à hauteur de Chasse, vers les plateaux du Viennois.

A l'arrivée du glacier, la vallée du Rhône était déjà profondément creusée

aux dépens de la haute terrasse quaternaire, de sorte que la glace a dû s'accumuler au pied du plateau pliocène de la Dombes, du plateau quaternaire de Caluire et des collines pliocènes de Fourvière, de Sainte-Foy, de Saint-Genis-Laval, d'Irigny-Charly, pour *remonter à contre-pente* le versant oriental de ces collines avant de s'étaler à leur surface. J'ai pu observer, en effet, notamment à La Pape, à Saint-Clair, aux Étroits, etc., que la moraine de fond rissienne ravine le flanc Est de ces collines et le tapisse d'un manteau parfois continu de boue glaciaire *jusqu'à quelques mètres seulement au-dessus du thalweg actuel.*

En se retirant, le glacier rissien a abandonné une épaisse *moraine de fond* qui a dû couvrir toute la plaine du Rhône, ainsi que le plateau de la Dombes et les collines du Bas Dauphiné, mais qui a été découpée par les érosions würmiennes en une série de collines allongées, simulant des bourrelets morainiques diversement orientés. Il faut, pour les comprendre, reconstituer par la pensée l'ancien plan horizontal qui réunissait les sommets aplatis de toutes ces collines en une moraine de fond continue.

Quant aux moraines frontales, elles sont généralement d'un faible relief, qui s'explique par la largeur du front du glacier et la dispersion corrélative des matériaux charriés. Cependant des moraines assez imposantes se voient sur la rive droite de la Saône à Loyasse, Fourvière, Sainte-Foy, côte Lorette.

Du front semi circulaire du glacier s'échappaient de nombreux torrents sous-glaciaires dont on retrouve l'emplacement, grâce aux traînées de graviers alpins qui les jalonnent. Le plus important de ces cours d'eau prenait naissance aux moraines frontales des Echets, sur le plateau de la Dombes. Là on voit se détacher des moraines rissiennes par un cône de transition fluvio-glaciaire à forte pente, une traînée de graviers alpins large de près de 1^{km}, qui, encaissée entre deux parois escarpées de graviers pliocènes, s'abaisse graduellement vers la Saône. Il s'agit là non d'un simple torrent, mais d'une véritable vallée de fleuve : *à l'époque rissienne, la source du Rhône était aux moraines des Échets.* En arrivant à la Saône à Fontaines, cette traînée de graviers constitue une terrasse régulière dont l'altitude (230^{m}) est de 60^{m} environ au-dessus du thalweg actuel : observation de haute importance qui démontre sans doute possible la contemporanéité du glacier rissien avec la terrasse de 60^{m} ou *terrasse moyenne* quaternaire.

D'autres faits observés plus au Nord confirment cette conclusion. Entre Neuville et Genay, le glacier envoyait à la Saône un torrent qui a édifié une terrasse de 60^{m}. Un peu au nord de Genay, on voit, au milieu des gra-

viers fluviatiles, une intercalation de $0^m,50$ de boue glaciaire à galets rayés, indiquant une poussée momentanée du glacier presque jusqu'au fond de la Saône. Ainsi se trouve démontrée jusqu'à l'évidence le rattachement de la terrasse de 60^m au glacier rissien.

Le Rhône rissien, né aux Échets, avait un tracé des plus curieux. Rejeté par la glace à l'ouest de son lit normal, il suit d'abord la vallée de la Saône, de Fontaines à Vaise, s'engage dans la dépression de la Demi-Lune derrière Fourvière, suit l'Yzeron jusqu'à Beaunant, emprunte la vallée morte de la Chapelle Bonnand, pour rejoindre à Brignais la vallée du Garon, qui l'amène à Givors, où il retrouve son lit normal après un trajet de 23^{km} à l'état de *fleuve marginal* du front glaciaire.

Tout ce curieux trajet est en effet encombré de graviers du Rhône formant terrasse à l'altitude de 55^m-60^m au-dessus du thalweg actuel. Le long de ce trajet, le Rhône rissien recevait du glacier des affluents, dont les principales traînées de graviers se détachent des moraines de Trion, d'Oullins et de Brignais, avec de fortes pentes et une direction constante vers l'Ouest.

Deuxième glaciation : *Moraines intermédiaires ou néo-rissiennes et terrasse de* 30^m. — Entre le front des moraines externes rissiennes et le bel amphithéâtre des moraines internes wurmiennes, la plaine du Rhône, sur une largeur moyenne de 25^{km}, est toute parsemée de bourrelets morainiques irréguliers que l'on est tenté d'attribuer en totalité à la moraine de fond rissienne, à cause de l'état de *ferretisation* de leur surface et de la présence fréquente d'une couverture de lœss.

J'ai été amené cependant à reconnaître dans ce complexe très morcelé les traces d'un stationnement du glacier, intermédiaire entre les époques rissienne et wurmienne : je le désignerai sous le nom de *glaciation néo-rissienne*.

La preuve formelle d'indépendance de cette glaciation repose sur le rattachement de ces moraines néo-rissiennes à une terrasse dominant d'environ 30^m le thalweg actuel du Rhône. J'ai pu observer ces relations en quatre points différents :

1° La moraine qui, au nord de la Valbonne, tapisse et ravine un témoin de la haute terrasse, donne naissance, au village de Béligneux, à une nappe de graviers à forte pente qui, par un trajet compliqué à travers les collines pliocènes, aboutit à Montluel à une terrasse de 30^m au-dessus du Rhône.

2° A Décines, une belle terrasse de 30^m, dominant la rive gauche du

Rhône est superposée et adossée à une moraine frontale assez bien conservée, qui pousse une digitation dans la partie inférieure des graviers fluviatiles. Le rattachement de la terrasse à la moraine est incontestable.

3° Au-dessus de la gare de Serezin, une terrasse de 28^{m} d'altitude est adossée à une grosse moraine frontale comprise entre Serezin et Communay, moraine d'où la terrasse se détache sous l'aspect d'un cône fluvio-glaciaire.

4° Enfin de la gare de Chasse part une terrasse très nette de 30^{m} d'altitude qui s'élève rapidement vers le Nord-Est en un cône fluvio-glaciaire se rattachant à la moraine de Ternay, prolongement de la moraine de Serezin.

Ces quatre points permettent de déterminer le front d'un glacier qui, partant de la Valbonne où il s'adossait au plateau de la Dombes, traversait le Rhône vers Décines pour suivre ensuite de près la rive gauche du fleuve, en englobant les bourrelets moraniques de Bron, Saint-Fons, Feyzin, Serezin et Ternay.

Le Rhône néo-rissien contournait le front de ce glacier à partir de Béligneux, suivant un trajet sensiblement identique au fleuve actuel, mais avec une altitude supérieure de 30^{m}. Il recevait sur sa rive gauche plusieurs torrents sous-glaciaires dont j'ai indiqué plus haut les principales traînées de graviers.

La glaciation néo-rissienne est-elle une période glaciaire indépendante, séparée de la glaciation précédente par une époque de fonte *interglaciaire*, ou bien un simple stade de recul de la glaciation rissienne?

C'est ce qu'il est difficile de démontrer rigoureusement. J'aime mieux pourtant la première hypothèse par la raison qu'il y a eu, entre ces deux époques, un creusement de la vallée du Rhône d'environ 30^{m}, c'est-à-dire un changement très appréciable du niveau de base.

Troisième glaciation : *Moraines wurmiennes et terrasse de* 15^{m}-18^{m}. — Je n'insisterai pas sur la glaciation wurmienne dont les appareils : amphithéâtre morainique, dépression centrale, cônes fluvio-glaciaires et nappes de graviers de comblement, sont dans un état de fraîcheur et d'intégrité qui en rendent l'étude facile.

L'amphithéâtre morainique frontal se suit d'un relief continu à partir de Saint-Jean-de-Niost et Saint-Maurice-de-Gourdan, sur la rive droite du Rhône, traverse le Rhône à Villette-d'Anthon et se poursuit dans la plaine du Bas-Dauphiné par Janneyrias, Colombier, Grenay, Saint-Quentin,

Diémoz et Artas. De ce point se détachent en éventail une série de nappes de graviers, à forte pente, qui découpent en fragments la moraine de fond néo-rissienne et aboutissent toutes au Rhône pour former la *basse terrasse* dite *de Villeurbanne*, à l'altitude de 15^m-18^m au-dessus du thalweg actuel. Le Rhône wurmien, né à Villette-d'Anthon, suivait à peu près son cours actuel, à une trentaine de kilomètres en avant du front glaciaire.

En arrière de la moraine frontale se sont construits plusieurs autres bourrelets morainiques parallèles, qui indiquent le retrait graduel du glacier, et dont chacun donne naissance à des terrasses de graviers d'une altitude de plus en plus voisine du niveau actuel du fleuve.

Depuis la retraite définitive du glacier en amont de la région lyonnaise, il s'est produit un creusement de la vallée du Rhône d'environ 15^m, sans qu'aucune terrasse bien nette marque un arrêt dans l'intervalle de ce creusement.

Le **Prince Bonaparte** présente à l'Académie un ouvrage de M. *Auguste Chevalier* ayant pour titre : *Études sur la flore de l'Afrique centrale française*. Dans ce volume, l'auteur donne les résultats de l'étude de 7000 numéros d'herbier représentant 50000 feuilles, qu'il a recueillis dans les bassins de l'Oubangui et du Chari, au cours d'un voyage de 16 mois de 1902 à 1904. Les Ptéridophytes ont été étudiées ou revisées par le Prince Bonaparte.

M. **J. Costantin** fait hommage à l'Académie des fascicules 3 à 10, qui complètent son *Atlas des Orchidées cultivées*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission chargée de présenter une liste de candidats pour la quatrième des places de Membres non résidents, créées par le Décret du 17 mars 1913.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre : deux membres de la Division des Sciences mathématiques, deux membres de la Division des Sciences physiques et deux membres de la Section des Académiciens non résidents.

MM. **Darboux**, **Picard**, pour la Division des Sciences mathématiques;

MM. **Barrois, Douvillé**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **Sabatier, Gouy**, pour la Section des Membres non résidents, réunissent la majorité des suffrages.

COMMISSIONS.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la lettre suivante :

Monsieur le Président,

Le Ministère du Commerce, auquel incombe le soin de surveiller l'application de toutes les lois édictées en vue d'assurer la loyauté des transactions commerciales, a été amené à rechercher les moyens d'adapter la législation française des poids et mesures à l'état actuel des connaissances scientifiques et aux besoins nouveaux du Commerce et de l'Industrie.

Par une circulaire du 20 août 1912, il a consulté à ce sujet les Chambres de Commerce et les principaux groupements industriels. Un des points de cette consultation visait l'opportunité de fixer, par voie législative, de nouvelles unités, telles que les unités de force, de chaleur, de lumière, d'électricité, etc., qui, au même titre que les unités de longueur, de surface ou de volume, constituent des éléments d'après lesquels s'établit le prix de vente d'un produit.

Le soin de préparer, d'après les résultats de cette enquête, un texte de loi et un règlement d'administration publique sur les unités légales, a été confié, par un arrêté du 20 mars 1913, à une Commission spéciale.

Cette Commission des Unités légales, qui est présidée par M. Perot, Membre du Bureau national des Poids et Mesures, et qui comprend notamment : M. Lallemand, Inspecteur général des Mines; M. Degournay, Maître des Requêtes au Conseil d'État; M. Cellerier, Directeur du laboratoire d'essais au Conservatoire des Arts et Métiers; M. Moreaux, Vérificateur en chef des Poids et Mesures, Membre de la Commission de Métrologie usuelle, a déjà tenu plusieurs séances, au cours desquelles elle a examiné les rapports relatifs aux unités mécaniques, aux unités électriques, à l'échelle de température, aux unités lumineuses, aux unités d'arc et d'angle, ainsi que le Rapport général de M. Perot.

La Commission est sur le point de terminer ses travaux ; elle doit arrêter, dans une très prochaine séance, ses propositions de définitions sur les unités

fondamentales, qui seraient fixées dans la loi et sur les unités dérivées, qui feraient l'objet du règlement d'administration publique.

Dès que je serai saisi de l'avis définitif de la Commission, je me propose d'en soumettre les conclusions au Comité consultatif des Arts et Manufactures, à la Commission de Métrologie usuelle, au Bureau national des Poids et Mesures et à la haute sanction de l'Académie des Sciences.

Mais comme j'ai le plus vif désir d'être en mesure de déposer devant le Parlement, dès la reprise de ses travaux, le projet de loi relatif aux unités fondamentales, je crois devoir adresser, sans plus attendre, à votre haute Assemblée, l'état actuel des travaux de la Commission.

J'ai l'honneur de vous transmettre, en conséquence, six séries de documents comprenant chacun un exemplaire des Rapports techniques et du Rapport général de M. Perot, accompagné des projets de définition des unités dans leur état actuel.

Je ne manquerai pas de vous faire parvenir les avis des corps consultés qui, tenus au courant, étape par étape, des travaux de la Commission, seront en mesure de faire connaître leur avis avant la fin de ce mois.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

Le Ministre du Commerce, de l'Industrie,
des Postes et des Télégraphes,

A. Massé.

(Renvoi à une Commission composée de MM. Appell, Vice-Président de l'Académie ; Darboux, Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques; Violle, Bouty, Membres de la Section de Physique; Sebert, Membre de la Section de Mécanique; Carpentier, Membre de la Section des Académiciens libres.)

CORRESPONDANCE.

M. C. **Nicolardot** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats au poste d'Essayeur à la Monnaie qui vient d'être déclaré vacant.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Researches in Magneto-optics*, by P. ZEEMAN.

2° *Le tremblement de terre de Plombières-Remiremont; contribution à l'histoire des phénomènes sismiques en France*, par ALFRED UHRY.

3° E. DOYEN. *Traité de thérapeutique chirurgicale et de technique opératoire*, 5 volumes, 1908-1913.

4° *Le Volume jubilaire de la* SOCIÉTÉ ROYALE DE BOTANIQUE DE BELGIQUE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes trigonométriques.* Note de M. **LÉOPOLD FEJÉR**, présentée par M. Émile Picard.

1. Considérons une fonction réelle quelconque $f(\theta)$ de la variable réelle θ, intégrable et *non négative* dans l'intervalle $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$. Soit

$$(1) \qquad f(\theta) = 1 + a_1 \cos\theta + b_1 \sin\theta + \ldots + a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta + \ldots$$

sa série de Fourier. Alors, en désignant par $s_n(\theta)$ la somme des premiers $n+1$ termes de cette série, on a [1]

$$(2) \qquad s_n(\theta) \leqq 2n+1 \qquad \text{pour} \qquad 0 \leqq \theta \leqq 2\pi.$$

Il n'est pas possible d'améliorer cette limite $2n+1$. En effet, pour

$$\frac{1-a^2}{1-2a\cos\theta+a^2} = 1 + 2a\cos\theta + \ldots + 2a^n \cos n\theta + \ldots \qquad (0 < a < 1),$$

on trouve $s_n(0) = 1 + 2a + \ldots + 2a^n$; donc, en choisissant le nombre a assez voisin de 1, on obtient pour $s_n(0)$ une valeur arbitrairement voisine de $2n+1$.

2. Soit maintenant

$$(3) \qquad \varphi(\theta) = 1 + a_1 \cos\theta + b_1 \sin\theta + \ldots + a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta$$

un polynome trigonométrique quelconque au plus égal à n, *non négatif* dans l'intervalle $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$. Dans une Note précédente, intitulée *Sur les polynomes harmoniques quelconques*, j'ai montré qu'en *modifiant* convenablement le procédé de démonstration servant à démontrer l'inégalité (2) pour l'ensemble des fonctions non négatives intégrables, on obtient pour

(1) On a de plus

$$|s_n(\theta)| \leqq 2n+1.$$

un polynome (3) quelconque

$$(4) \qquad \varphi(\theta) \leqq n+1,$$

où $n+1$ est la vraie limite supérieure de $\varphi(\theta)$.

Voici une démonstration nouvelle et directe de ce théorème. Elle suit un chemin peut-être moins naturel, mais elle est très simple et élémentaire.

Soit

$$(5) \qquad \theta_k = k\frac{2\pi}{n+1} \qquad (k=0, 1, 2, \ldots, n).$$

En remplaçant les valeurs $\theta_0, \theta_1, \ldots, \theta_n$ dans l'équation (3), en additionnant, on obtient, en vertu des relations

$$\sum_{k=0}^{n} \cos\nu\frac{2k\pi}{n+1} = 0, \qquad \sum_{k=0}^{n} \sin\nu\frac{2k\pi}{n+1} = 0 \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n),$$

l'égalité

$$(6) \qquad \varphi(0) + \varphi(\theta_1) + \ldots + \varphi(\theta_n) = n+1.$$

Mais le polynome $\varphi(\theta)$ étant partout non négatif, les termes du premier membre de l'équation (6) sont non négatifs. On en conclut l'inégalité voulue

$$(4) \qquad \varphi(0) \leqq n+1.$$

La supposition $\varphi(0) = n+1$ entraîne

$$\varphi(\theta_1) + \varphi(\theta_2) + \ldots + \varphi(\theta_n) = 0;$$

donc, les valeurs $\varphi(\theta_1), \ldots, \varphi(\theta_n)$ étant non négatives,

$$\varphi(\theta_1) = \varphi(\theta_2) = \ldots = \varphi(\theta_n) = 0.$$

Les valeurs $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_n$ sont donc des zéros de $\varphi(\theta)$, et parce que le polynome $\varphi(\theta)$ doit être non négatif, chacune d'elles doit être un zéro double de $\varphi(\theta)$.

On a donc les $2n$ zéros du polynome trigonométrique $\varphi(\theta)$ d'ordre au plus égal à n, dont on connaît en outre son terme absolu 1. Il est donc parfaitement déterminé, et l'on obtient

$$(5) \qquad \varphi_n(\theta) = \frac{1}{n+1}\left[\frac{\sin(n+1)\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}\right]^2 = \frac{(n+1) + n.2\cos\theta + \ldots + 2\cos n\theta}{n+1}.$$

C'est donc *le seul* polynome de l'ensemble (3) des polynomes trigonométriques non négatifs d'ordre au plus égal à n, pour lequel, dans (4), c'est le signe d'égalité qui est valable ([1]).

3. Si $\varphi(\theta)$ appartient à l'ensemble (3), le polynome trigonométrique $\Phi(t) = \varphi(\theta + t)$ de t lui appartient aussi. L'inégalité (4), appliquée à $\Phi(t)$, fournit

$$\varphi(\theta) \leqq n + 1 \qquad \text{pour} \qquad 0 \leqq \theta \leqq 2\pi. \tag{6}$$

Lorsque c'est le signe d'égalité qui est valable ici pour un $\bar{\varphi}_n(\theta)$ de l'ensemble (3) et pour $\theta = \theta_0$, on a $\bar{\varphi}_n(\theta) = \varphi_n(\theta - \theta_0)$.

4. Soit

$$F(\theta) = a_1 \cos\theta + b_1 \sin\theta + \ldots + a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta$$

un polynome trigonométrique quelconque d'ordre au plus égal à n, ayant le terme absolu zéro. Soient M le maximum, $-m$ le minimum de $F(\theta)$ pour $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$. (On a $M, m \geqq 0$). Alors $\frac{F(\theta) + m}{m} = 1 + \ldots$ appartient à l'ensemble (3). Donc, en vertu de (6), on a $\frac{F(\theta) + m}{m} \leqq n + 1$, pour $0 \leqq \theta \leqq 2$ En posant ici pour θ une valeur, pour laquelle $\varphi(\theta) = M$, on obtient $\frac{M + m}{m} \leqq n + 1$, c'est-à-dire $M \leqq n.m$. Un raisonnement semblable fournit $m \leqq n.M$. Nous avons donc obtenu le théorème :

La hauteur (*c'est-à-dire la valeur* M) *d'un polynome trigonométrique quelconque d'ordre au plus égal à n*

$$a_1 \cos\theta + b_1 \sin\theta + \ldots + a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta$$

est au plus n fois plus grande que sa profondeur (*c'est-à-dire la valeur m*), *et réciproquement. Ce sont seulement les polynomes, dépendant de deux cons-*

([1]) Je crois que cette propriété de maximum du polynome (5) rend aussi un peu intuitif mon théorème sur les moyennes arithmétiques

$$S_n(\theta_0) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(\theta)\,\varphi_n(\theta - \theta_0)\,d\theta \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

de la série de Fourier d'une fonction intégrable quelconque $f(\theta)$.

tantes réelles quelconques α, β,

$$\alpha\left\{\left[\frac{\sin(n+1)\dfrac{\theta-\beta}{2}}{\sin\dfrac{\theta-\beta}{2}}\right]^2-(n+1)\right\}=2\alpha[n\cos(\theta-\beta)+\ldots+\cos n(\theta-\beta)],$$

pour lesquels une des égalités $M = nm$, $m = nM$ *est satisfaite.*

5. Le théorème, énoncé dans ma Note précédente sur la partie réelle d'une fonction rationnelle entière quelconque de degré n de la variable complète z, s'ensuit très facilement de ce théorème sur les polynomes trigonométriques. Je remarque encore que la méthode élémentaire de la Note présente s'applique aussi pour établir certains résultats analogues relatifs aux polynomes ou séries de la forme

$$a_0+\Sigma(a_{\nu_k}\cos\nu_k\theta+b_{\nu_k}\sin\nu_k\theta),$$

où $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_k, \ldots$ sont certains nombres entiers.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des racines des moyennes arithmétiques d'une série entière réelle.* Note [1] de M. **Michel Fekete**, présentée par M. Émile Picard.

Soit

$$f(x)=a_0+a_1x+a_2x^2+\ldots+a_nx^n+\ldots$$

une série entière à coefficients réels, convergente pour $|x|<\rho$.

Posons

$$f_n(x)=a_0+a_1x+\ldots+a_nx^n.$$

Soit $\xi\,(0<|\xi|<\rho)$ une racine réelle de $f(x)=0$, d'ordre de multiplicité k. D'après un théorème connu de M. Hurwitz (*Math. Annalen*, 1887), le cercle $|x-\xi|<\delta$ contient pour $\delta\,(\delta>0)$ suffisamment petit et $n>N(\delta)$ précisément k racines de l'équation

$$f_n(x)=0. \tag{1}$$

L'hypothèse relative à la réalité des coefficients a_n assure que ces racines de $f_n(x)$ sont, soit elles-mêmes réelles ou bien complexes conjuguées

[1] Présentée dans la séance du 6 octobre 1913.

deux à deux. En considérant les courbes réelles $y=f(x)$, $y=f_n(x)$, on voit aisément que, à partir d'une certaine valeur de n, le nombre des racines réelles de $f_n(x)$ au voisinage de ξ est de la même parité que k. Il s'ensuit qu'*une racine simple de* $f(x)$ *est limite de racines simples et réelles des* $f_n(x)$. Par contre, si l'ordre de multiplicité du zéro réel ξ est pair, il peut se faire que (1) *n'ait aucune racine réelle* au voisinage de ξ, pour une suite infinie de valeurs de n, comme le montre l'exemple suivant que je dois à l'obligeance de M. Lindwart :

$$f(x)=\frac{(1-2x)^2}{1-x^3}=1-4x+4x^2+x^3-4x^4+4x^5+\ldots,$$

Le but de cette Note est de montrer qu'en prenant, au lieu des sommes partielles

$$(2) \qquad f_0(x),\quad f_1(x),\quad \ldots,\quad f_n(x),\quad \ldots,$$

leurs moyennes arithmétiques de Cesarò, on obtient des suites de polynomes qui convergent uniformément vers $f(x)$ dans toute aire intérieure au cercle de convergence et telles que les termes de chaque suite, à partir d'un certain terme, ont k racines *réelles* au voisinage de ξ.

Les moyennes arithmétiques d'ordre r ($r=1, 2, \ldots$) de la suite (2) sont définies par les formules

$$f_n^{[r]}(x)=\frac{\binom{n+r-1}{r-1}f_0(x)+\binom{n+r-2}{r-1}f_1(x)+\ldots+\binom{r-1}{r-1}f_n(x)}{\binom{n+r}{r}}.$$

On a

$$(3) \quad f_n^{[r]}(x)=\frac{a_3(n+1)(n+2)\ldots(n+r)+a_1\,n(n+1)\ldots(n+r-1)x+\ldots+r'a_nx^n}{(n+1)(n+2)\ldots(n+r)}$$
$$=(-1)^r\frac{x^{n+r+1}}{(n+1)(n+2)\ldots(n+r)}\frac{d^r}{dx^r}\left[\frac{f_n(x)}{x^{n+1}}\right]=-\frac{x^{n+r+1}}{n+r}\frac{d}{dx}\left[\frac{f_n^{[r-1]}(x)}{x^{n+r}}\right].$$

C'est précisément la dernière partie de cette formule qui m'a permis d'établir le théorème suivant :

Soit $f(x)=\sum_0^\infty a_nx^n$ *une série entière à coefficients réels convergente pour* $|x|<\rho$; *et* ξ $(0<|\xi|<\rho)$ *une racine réelle de* $f(x)$ *d'ordre de multiplicité* k; *alors* $f_n^{[r]}(x)$ *aura pour chaque* r *fixe* et $\geq k-1$ *exactement* k *racines réelles et distinctes qui tendent pour* n *infini vers* ξ.

Pour le démontrer, je considère le développement, valable pour $|x| < \rho$,

$$\varphi(x) \equiv \frac{f(x)}{\left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1}} = \alpha_0 + \alpha_1 x + \ldots + \alpha_n x^n + \alpha_{n+1} x^{n+1} + \ldots$$
$$= \varphi_n(x) + \alpha_{n+1} x^{n+1} + \ldots.$$

La fonction à gauche a ξ pour racine simple. Par conséquent, $\varphi_n(x)$ aura aussi une racine réelle simple au voisinage de ξ, pour n suffisamment grand, donc $\left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1}\varphi_n(x)$ y aura k racines réelles (non nulles).

De l'identité

$$f_n(x) + a_{n+1}x^{n+1} + a_{n+2}x^{n+2} + \ldots \equiv \left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1}\varphi_n(x) + \left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1}(\alpha_{n+1}x^{n+1} + \ldots),$$

on tire

$$(4) \qquad \left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1}\varphi_n(x) = f_n(x) + x^{n+1} g_n(x),$$

$g_n(x)$ étant un certain polynome de degré $k-2$. On a donc pour $|x| < \rho' < \rho$ uniformément

$$\lim_{n=\infty} x^{n+1} g_n(x) = \left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1} \lim_{n=\infty} \varphi_n(x) - \lim_{n=\infty} f_n(x) = 0.$$

La dérivée d'une fonction qui tend uniformément vers zéro tend elle-même vers zéro; de ce fait on déduit successivement

$$(5) \qquad \left\{ \begin{aligned} \lim_{n=\infty} \frac{x^{n+2} g'_n(x)}{n+2} &= 0, \\ \lim_{n=\infty} \frac{x^{n+3} g''_n(x)}{(n+2)(n+3)} &= 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots&\ldots, \\ \lim_{n=\infty} \frac{x^{n+k-1} g_n^{(k-2)}(x)}{(n+2)\ldots(n+k-1)} &= 0. \end{aligned} \right.$$

D'après (3), (4), on a

$$-\frac{x^{n+2}}{n+2}\frac{d}{dx}\left[\frac{\left(1-\frac{x}{\xi}\right)^{k-1}\varphi_n(x)}{x^{n+1}}\right] = f_n^{[1]}(x) - \frac{x^{n+2}}{n+2} g'_n(x).$$

Le polynome à gauche a au moins $k-1$ racines réelles dans le voisinage de ξ (c'est une conséquence du théorème de Rolle) et tend vers $f(x)$ d'après (5). Par conséquent, pour n suffisamment grand, le nombre des

racines réelles au voisinage de ξ sera $\equiv k \pmod 2$. Ce polynome a donc au moins k racines réelles au voisinage de ξ; mais il ne peut pas en avoir plus, d'après le théorème de M. Hurwitz. Il a donc exactement k racines réelles au voisinage de ξ.

On conclura de même que tous les polynomes

$$-\frac{x^{n+3}}{n+3}\frac{d}{dx}\left[\frac{f_n^{[1]}(x)}{x^{n+2}}-\frac{g'_n(x)}{n+2}\right]=f_n^{[2]}(x)+g''_n(x)\frac{x^{n+3}}{(n+2)(n+3)},$$

$$-\frac{x^{n+4}}{n+4}\frac{d}{dx}\left[\frac{f_n^{[2]}(x)}{x^{n+3}}+\frac{g''_n(x)}{(n+2)(n+3)}\right]=f_n^{[3]}(x)-g'''_n(x)\frac{x^{n+4}}{(n+2)(n+3)(n+4)},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$-\frac{x^{n+k}}{n+k}\frac{d}{dx}\left[\frac{f_n^{[k-2]}(x)}{x^{n+k-1}}+(-1)^{k-2}\frac{g_n^{(k-2)}(x)}{(n+2)\ldots(n+k-1)}\right]$$
$$=f_n^{[k-1]}(x)+g_n^{(k-1)}(x)\frac{x^{n+k}}{(n+2)\ldots(n+k)}$$
$$=f_n^{[k-1]}(x),$$

$$-\frac{x^{n+k+1}}{n+k+1}\frac{d}{dx}\left[\frac{f_n^{[k+1]}(x)}{x^{n+k}}\right]=f_n^{[k]}(x),$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$-\frac{x^{n+r+1}}{n+r+1}\frac{d}{dx}\left[\frac{f_n^{[r-1]}(x)}{x^{n+r}}\right]=f_n^{[r]}(x)$$

ont exactement k racines réelles au voisinage de ξ, pour n suffisamment grand. C. Q. F. D.

On voit aisément que les k racines en question sont toutes distinctes.

J'ai obtenu des résultats analogues pour les séries de Dirichlet en prenant, au lieu des moyennes de Cesarò, les moyennes typiques de M. Marcel Riesz.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la forme canonique des équations algébriques.* Note de M. N. **Gunther**, présentée par M. Hadamard.

1. Nommons l'ensemble composé de l monomes du degré n

(1) $$x_1^{\alpha_1}x_2^{\alpha_2}\ldots x_m^{\alpha_m},\qquad \alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_m=n\ldots$$

normé, si les exposants de chaque monome entrant dans l'ensemble satisfont à l'une des inégalités

(2) $$\left\{\begin{array}{c}\alpha_m<\beta_m,\\ \alpha_{m-1}+\alpha_m<\beta_{m-1}+\beta_m,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots,\\ \alpha_2+\ldots+\alpha_m<\beta_2+\ldots+\beta_m\end{array}\right.$$

pour chaque monome

(3) $$x_1^{\beta_1}x_2^{\beta_2}\ldots x_m^{\beta_m}$$

n'entrant pas dans l'ensemble.

Attribuons, avec M. Delassus, à chaque monome du degré n un numéro, de manière que le numéro du monome (1) soit moindre que celui de (3), si la première des différences

$$\alpha_1-\beta_1,\quad \alpha_2-\beta_2,\quad \ldots,\quad \alpha_m-\beta_m,$$

qui n'est pas égale à zéro, est positive et que le numéro du monome x_1^n soit égal à l'unité.

Nommons l'ensemble *dérivé d'ordre* k de l'ensemble (1), l'ensemble déduit de (1) en multipliant ses monomes par tous les monomes du degré k.

Si l_i est le nombre des monomes (1) dans lesquels

$$\alpha_i\neq 0,\qquad \alpha_{i+1}=\ldots\alpha_m=0,$$

l'ensemble dérivé d'ordre k contient

(4) $$\sum_{s=1}^{s=m} l_s\frac{(k+1)\ldots(k+m-s)}{1.2\ldots(m-s)}.$$

2. Nous dirons que le système d'équations homogènes de degré n

(5) $$f_i(x_1, x_2, \ldots, x_m)=0\qquad (i=1, 2, \ldots, e)$$

est *résoluble régulièrement* par rapport à l'ensemble (1), si l'on peut trouver l'expression de chaque monome de l'ensemble par les monomes portant des numéros supérieurs et n'entrant pas dans l'ensemble.

On peut trouver des substitutions

(6) $$\begin{cases} x_i=\alpha_1^{(i)}y_1+\alpha_2^{(i)}y_2+\ldots+\alpha_m^{(i)}y_m, \\ i=1, 2, \ldots, m,\quad |\alpha_1^{(1)}, \alpha_2^{(2)}, \ldots, \alpha_m^{(m)}|\neq 0. \end{cases}$$

qui transforment le système (5) en un système résoluble régulièrement par rapport à un ensemble normé. Il en est toujours ainsi, si les coefficients α sont des nombres arbitraires.

3. Nommons *système dérivé* d'ordre k du système (5) le système

(7) $$x_1^k f_1=0,\ \ldots,\ x_m^k f_e=0,$$

obtenu en multipliant les équations (5) par tous les monomes du degré k.

Nommons le système (5) *canonique*, s'il est résoluble régulièrement par rapport à un ensemble normé (1) et si le nombre des équations (7), linéairement distinctes, est égal à (4) pour chaque k.

Si le système est canonique, le système (7) est résoluble régulièrement par rapport à l'ensemble dérivé d'ordre k de l'ensemble (1).

4. Pour qu'un système soit canonique, il suffit que le nombre des équations linéairement distinctes du système dérivé du premier ordre soit égal au nombre des monomes dans l'ensemble dérivé du premier ordre de l'ensemble (1) qui lui correspond.

5. Si le système (5) n'est pas canonique, tous les systèmes dérivés d'ordre k, à partir d'une valeur de k, sont transformables en systèmes canoniques par chaque substitution (6), choisie sous la seule condition que le système transformé soit résoluble régulièrement par rapport à un ensemble normé.

6. Supposons le système (5) canonique. Supposons-le résolu régulièrement par rapport à un ensemble normé.

Soit

$$x_1^{\gamma_1} x_2^{\gamma_2} \ldots x_m^{\gamma_m} \tag{8}$$

le dernier monome de cet ensemble.

a. Si $\gamma_1 = 0$, les fonctions f_i n'ont pas de diviseurs communs;

b. Si $\gamma_1 > 0$, les fonctions f_i ont un diviseur commun du degré γ_1 par rapport à x_1;

c. Si $\gamma_1 > 0$, on obtient, en divisant les équations (5) par ce diviseur, un système canonique;

d. Si $\gamma_1 = 0$, celles des équations (5), qui ne dépendent pas de x_1, forment un système canonique par rapport aux variables

$$x_2, x_3, \ldots, x_m. \tag{9}$$

e. Si $\gamma_1 = 0$, et si les nombres

$$x_2^{(0)}, x_3^{(0)}, \ldots, x_m^{(0)} \tag{10}$$

forment une solution de celles des équations (5) qui ne dépendent pas de x_1, les fonctions, obtenues en substituant dans les f_i au lieu des variables (9) leurs valeurs (10), ont un commun diviseur;

f. Le degré de ce diviseur est égal à l'unité, si l'ensemble (1) est

composé des l premiers monomes. Dans les autres cas ce degré peut être plus grand que l'unité.

Le théorème énoncé ne diffère de celui de M. Delassus ([1]) que par l'alinéa (f).

7. L'ensemble formé de l premiers monomes du degré n est normé. On peut l'appeler l'*ensemble minimum*, car l'ensemble dérivé d'ordre k de tout autre ensemble de l monomes, normé ou non, contient au moins autant de monomes que celui de l'ensemble minimum.

8. Nommons *conditions de passivité* d'ordre k du système (5) chaque égalité

$$(11) \qquad \Omega_t^{(k)} = \sum_{s=1}^{s=l} P_s^{(k,t)} f_s = 0,$$

où $P_s^{(k,t)}$ sont des polynomes homogènes du degré k, qui devient une identité après la substitution aux f_s de leurs valeurs.

Si le système (5) peut être transformé par une substitution (6) en un système canonique, chaque fraction $\Omega_t^{(k)}$ $(k > 1)$ est égale à une somme de produits par certains monomes du degré $k-1$ des fonctions $\Omega_t^{(1)}$.

Le dernier théorème a quelques applications dans la théorie des équations différentielles. On peut, en l'usant, simplifier les règles de passivité des systèmes d'équations différentielles données par M. Riquier ([2]).

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Le problème des deux corps de masses variables*. Note ([3]) de MM. **M. Tomassetti** et **J.-S. Zarlatti**, présentée par M. Appell.

I. Les équations ([4]) du mouvement relatif des deux corps, dont les masses sont $M(t)$, $m(t)$, donnent le théorème des aires et $\{$en posant $f[M(t)+m(t)] = \mu(t)\}$ l'équation de l'énergie :

$$(1) \qquad \frac{1}{2} m(t) v^2(t) - \frac{m(t)\mu(t)}{r(t)} = \frac{1}{2} m(t) h - m(t) \int_{t_0}^{t} \frac{\mu'(\tau)}{r(\tau)} d\tau$$

$$\left[h = v^2(t_0) - \frac{2\mu(t_0)}{r(t_0)} \right].$$

([1]) E. Delassus, *Annales de l'École Normale*, t. XIV.

([2]) Riquier, *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles*.

([3]) Présentée dans la séance du 29 septembre 1913.

([4]) P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, t. I, 3e édit., p. 409.

Envisageant le terme $m(t)\int_{t_0}^{t}\frac{\mu'(\tau)}{r(\tau)}d\tau$ comme une fonction $F\left|\left[r(\overset{t}{\underset{t_0}{\tau}}), t\right]\right|$ de M. Volterra, on peut dire que *la différence entre la demi-force vive et l'énergie potentielle à un instant quelconque t dépend de l'instant t et de toutes les valeurs prises par le potentiel dans l'intervalle* (t_0, t).

L'équation (1) est intégro-différentielle non linéaire en $r(t)$:

$$(2) \qquad \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{c^2}{r^2} - \frac{2\mu(t)}{r} + 2\int_{t_0}^{t}\frac{\mu'(\tau)}{r(\tau)}d\tau = h.$$

En la regardant comme cas limite d'un système infini d'équations différentielles, partageons l'intervalle (t_0, t) en n intervalles et envisageons le système d'équations différentielles correspondantes :

$$(3) \qquad \left(\frac{dr}{dt}\right)_{t_i}^2 + \frac{c^2}{r^2(t_i)} - \frac{2\mu(t_i)}{r(t_i)} = h - 2\sum_{s=0}^{i-1}\frac{\mu'(t_s)}{r(t_s)}\delta t_s \qquad (i = 0, 1, \ldots, n).$$

C'est *l'ensemble discret des équations différentielles des trajectoires osculatrices aux instants* $t_0, t_1, \ldots, t_n$. *L'opération* δt *est analogue à celle du calcul ordinaire des variations.*

Toute équation (4) est intégrable par la méthode classique :

$$r_{t_i}(\theta) = \frac{\dfrac{c^2}{\mu(t_i)}}{1 + \sqrt{1 + \dfrac{c^2}{\mu^2(t_i)}\left[h - 2\displaystyle\sum_{s=0}^{i-1}\frac{\mu'(t_s)}{r(t_s)}\delta t_s\right]}\cos(\theta - \Theta_{t_i})} \qquad (i = 0, 1, \ldots, n).$$

En faisant augmenter indéfiniment le nombre des intervalles δt_i, chacun d'eux tendant vers zéro, on a à la limite l'équation de la conique osculatrice à l'instant t :

$$(4) \quad r_t(\theta) = \frac{\dfrac{c^2}{\mu(t)}}{1 + \sqrt{1 + \dfrac{c^2}{\mu^2(t)}\left[h - 2\displaystyle\int_{t_0}^{t}\frac{\mu'(\tau)}{r(\tau)}d\tau\right]}\cos(\theta - \Theta_t)} = \frac{p(t)}{1 + e(t)\cos(\theta - \Theta_t)};$$

θ est la longitude dans la conique osculatrice, Θ_t est *la longitude du périhélie. Les valeurs de* $e(t)$ *et* Θ_t *dépendent de l'instant t et de toutes les valeurs du potentiel dans l'intervalle* (t_0, t). La conique (4) est une ellipse, parabole, hyperbole, suivant que la fonction (que nous appelons *des forces vives*)

$$(5) \qquad H(t) = h - 2\int_{t_0}^{t}\frac{\mu'(\tau)}{r(\tau)}d\tau \lesseqgtr 0.$$

L'étude de cette fonction permet d'établir toutes les propriétés du mouvement. On trouve aisément pour le sens de variations des éléments osculateurs successifs à un instant t :

	$p(t)$.	$H(t)$.	$e(t)$.	$a(t)$.	Θ_t.	v^2 moy.
$\mu(t)$ croissant......	décroissent		[pour $H(t)>0$] décroissent			croît
$\mu(t)$ décroissant....	croissent		[pour $H(t)<0$] croissent			décroît

II. α. *Pour $\mu(t)$ croissant (décroissant), si, à un instant, la conique osculatrice est une ellipse ou parabole (hyperbole ou parabole), en tous les instants successifs elle sera toujours elliptique (hyperbolique). En outre, si les conditions initiales sont telles qu'on ait* $H(t_1)>0$ $[H(t_1)<0]$, *dans les instants successifs à t_1 la conique* (4) *peut devenir parabolique et elliptique (parabolique et hyperbolique).* Cela résulte évidemment de (5) et du Tableau plus haut.

β. *Si $\mu(t)$ pour $t=\infty$ tend vers ∞ (vers zéro) et r admet une limite supérieure (inférieure)* R, *on a* $\lim\limits_{t=\infty} r=0$ *(sous certaines conditions initiales* $\lim\limits_{t=\infty} r=\infty$). On le démontre aisément en remarquant que le corps à l'instant $t=\infty$ décrira la conique osculatrice limite et discutant ainsi l'équation (4).

γ. *Si, à un instant donné t_1, la conique osculatrice est une parabole ou ellipse, et* $\lim\limits_{t=\infty}\mu(t)=\infty$, *il en résulte* $\lim\limits_{t=\infty} r(t)=0$.

En effet, si $e(t_1)\leqq 1$, on a (cf. α) toujours $e(t)<1$ et $\lim\limits_{t=\infty} e(t)<1$; alors la distance aphélie de la conique osculatrice limite tend vers zéro et *a fortiori* $\lim\limits_{t=\infty} r(t)=0$.

III. Le rayon vecteur $r_t(\theta)$ de la conique osculatrice (4) est égal à la distance $r(t)$ évidemment pour $\theta=\Theta_t+\vartheta(t)$ [où $\vartheta(t)$ est liée au temps par l'équation des aires]. Or, il est préférable d'exprimer $e(t)$ en fonction seulement de $\cos\vartheta(t)$ et d'éléments connus, et l'on obtient, en résolvant une équation fonctionnelle,

$$(6)\qquad r(t)=\frac{\dfrac{c^2}{\mu(t)}}{1-\dfrac{1}{\mu(t)}\left[e(t_0)\mu(t_0)-\displaystyle\int_{t_0}^{t}\mu'(\tau)\cos\vartheta(\tau)\,d\tau\right]\cos\vartheta(t)}+\frac{p(t)}{1+e(t)\cos\vartheta(t)}.$$

Pour $\mu(t)$ croissant (décroissant), l'excentricité des coniques osculatrices

est la somme d'une fonction décroissante (croissante) du temps et d'un terme oscillant dont les extrêmes d'oscillations sont des fonctions du temps. Elle peut osciller entre les deux valeurs $1+\frac{\mu(t_0)}{\mu(t)}[e(t_0)-1]$, $-1+\frac{\mu(t_0)}{\mu(t)}[e(t_0)+1]$ *et ses variations sont du même ordre que celles du paramètre.* Si la somme des masses varie lentement suivant la loi $\mu(t)=\alpha+\beta t+\gamma t^2+\ldots$, où $\beta, \gamma, \ldots$ sont des petits coefficients rangés en ordre décroissant, on peut exprimer en première approximation ϑ en fonction de t par l'équation de Képler et calculer par l'équation (6) $r(t)$, c'est-à-dire un premier système d'éléments osculateurs à l'époque t. Dans le cas du système *Terre-Soleil* (*Lune-Terre*), $\mu(t)$ est croissant et l'on peut poser $\mu(t)=\mu(t_0)+\beta t$, où β est très petit; dans ce cas, on pourra calculer sans erreur sensible le terme $\int_{t_0}^{t}\cos\vartheta(\tau)\,d\tau$ par l'équation de Képler. Ainsi *l'orbite de la Terre (de la Lune), par effet de la matière cosmique qui tombe sur le Soleil et sur la Terre même (sur la Terre et sur la Lune) est une* SPIRALE ELLIPTIQUE; *les éléments de ses ellipses osculatrices sont tous variables.*

IV. Ce fait résulte aussi en général en remarquant que le théorème des aires donne

$$t=\frac{1}{c}\int_0^{\vartheta} r^2(\vartheta)\,d\vartheta=\frac{r^2(\xi)}{c}\vartheta=\alpha\vartheta \qquad (0<\xi<\vartheta)$$

(α est évidemment une *constante inconnue*); alors, étant $\mu(t)=\mu(\alpha\vartheta)$, l'équation classique de Binet [1] donne

$$r=\frac{1}{\left[A_1-\frac{1}{\alpha c^2}\int_0^{\vartheta}\mu(\alpha\vartheta)\sin\vartheta\,d\vartheta\right]\cos\vartheta+\left[B_1+\frac{1}{\alpha c^2}\int_0^{\vartheta}\mu(\alpha\vartheta)\cos\vartheta\,d\vartheta\right]\sin\vartheta}.$$

C'est l'équation d'une *courbe spirale.*

En général, le problème des deux corps de masses variables n'admet pas de solutions périodiques. La trajectoire est une courbe spirale qui s'enroule autour d'un foyer et les coniques osculatrices ont toutes ce même foyer.

Le cas où $\mu(t)$ est décroissant se rencontre dans la dynamique des électrons et dans le mouvement des comètes.

(1) P. APPELL, *loc. cit.*, p. 388.

PHYSIQUE. — *Relations entre les coefficients de dilatation et les coefficients thermodynamiques.* Note de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. E. Bouty.

La considération de l'équation caractéristique différentielle

$$dt = \frac{dv}{v\alpha} + \frac{dp}{p\beta}, \tag{1}$$

où t est la température, v le volume, p la pression, α et β les deux coefficients de dilatation, à volume constant et à pression constante, permet d'exprimer tous les coefficients thermodynamiques au moyen de v, p, α, β et deux autres quelconques, par exemple C et c (C est la chaleur spécifique à pression constante et c la chaleur spécifique à volume constant). En effet, quand on substitue dans les expressions des coefficients l, h, k et λ les valeurs de $\frac{\partial p}{\partial t}$, $\frac{\partial v}{\partial t}$ et $\frac{\partial v}{\partial p}$ tirées de (1), les différentielles de la quantité de chaleur dQ deviennent

$$dQ = C\,dt - \frac{C-c}{\beta p}dp = C\,dt - \frac{C-c}{\frac{\partial p}{\partial t}}dp, \tag{2}$$

$$dQ = c\,dt + \frac{C-c}{\alpha v}dv = c\,dt - (C-c)\frac{\partial t}{\partial v}dv, \tag{3}$$

$$dQ = \frac{C}{p\beta}dp + \frac{c}{v\alpha}dv = \frac{C}{\frac{\partial p}{\partial t}}dp + \frac{c}{\frac{\partial v}{\partial t}}dv, \tag{4}$$

d'où trois formules des adiabatiques quand on regarde C, c, α et β comme des constantes,

$$t - t_0 = \frac{C-c}{C\beta}\log\frac{p}{p_0}, \tag{5}$$

$$t - t_0 = -\frac{C-c}{c\alpha}\log\frac{v}{v_0}, \tag{6}$$

$$pv^{\frac{C}{c}\frac{\beta}{\alpha}} = \text{const.} \tag{7}$$

Les équations (5), (6) et (7) peuvent être applicables à tout état où la variation de α, β, C, c avec t, p ou v est négligeable.

D'autre part, en appliquant l'équation (4) à la recherche de l'équation

de la vitesse du son, on trouve

$$V = \sqrt{\frac{C}{c}\frac{\beta}{\alpha}\frac{p}{\rho}}. \tag{8}$$

L'équation (8) est surtout intéressante pour des solides et des liquides, car, connaissant V, $\frac{\beta}{\alpha}$, p et ρ, on peut tirer de (8) la valeur de $\frac{C}{c}$ qui ne peut pas être déterminée autrement. Pour des gaz, la formule (8) ne diffère pas beaucoup de la formule de Laplace, car $\frac{\beta}{\alpha}$ est très voisin de l'unité $\left(\frac{\beta}{\alpha} = 0,997 \text{ pour l'air}\right)$.

Pour trouver la valeur de $\frac{\beta}{\alpha}$ supposons que ce rapport reste constant dans un certain intervalle; donc, en intégrant l'équation (1) à température constante, on trouve

$$p v^{\frac{\beta}{\alpha}} = \text{const.}, \tag{9}$$

formule qui a été obtenue en 1875 par M. Kuhn.

De (9) on tire l'expression approchée de $\frac{\beta}{\alpha}$:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{\log v - \log v_0}{\log p_0 - \log p}.$$

Les calculs donnent :

Substance.	t.	V.	p.	ρ.	$\frac{\beta}{\alpha}$.	β.	$\frac{C}{c}$.
Eau...........	13	1441.10^2 (1)	1^{atm}	1	2705 (2)	0,398	7,92
Éther ordinaire..	15	1032.10^2	1^{atm}	0,736	452	0,732	17,89

$\frac{\beta}{\alpha}$ est la valeur moyenne entre 1^{atm} et 25^{atm} pour l'eau et entre 1^{atm} et 50^{atm} pour l'éther; pour trouver la valeur de $\frac{\beta}{\alpha}$ à 1^{atm}, on peut appliquer la formule

$$v = A p^{a} e^{bp}, \tag{10}$$

tirée de l'équation (7) de la Note du 23 juin (3) qui est une formule approchée des isothermes des liquides, et alors $\frac{\beta}{\alpha}$ sera connu d'après la

(1) DÖRSING, 1908.
(2) Calculé d'après les expériences de M. Amagat.
(3) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1884.

formule

$$\frac{\alpha}{\beta} = a - bp. \qquad (11)$$

Il suffit, en effet, de calculer les deux coefficients a et b d'après deux mesures faites sur la compressibilité du liquide en question et de mettre ces deux valeurs dans la formule (11), car a et b sont les mêmes dans les deux formules.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur certaines réactions dépendant de* courants de réponse. Note de M. **France Giraud**, présentée par M. E. Bouty.

Lorsque deux fils métalliques reliés à un galvanomètre sensible plongent dans un électrolyte, on obtient un courant électrique en tordant ou en faisant vibrer l'un des fils; Chunder Bose a donné le nom de *courants de réponse* à ce phénomène.

Le fil excité devient négatif par rapport au fil en repos et la force électromotrice augmente avec la fréquence et l'amplitude de l'excitation, elle varie aussi avec la nature et la concentration de l'électrolyte; la direction du courant est, en général, la même avec tous les électrolytes et constitue la *réponse normale*.

Dans certains cas, le fil excité est positif ou donne une *réponse anormale;* sous l'influence de vibrations répétées, la *réponse* redevient *normale*.

En répétant ces expériences avec des fils de cuivre soigneusement polis, j'ai trouvé qu'on pouvait obtenir la *réponse anormale* avec des solutions d'or, d'argent, de permanganate de potasse, d'iode et d'eau oxygénée; les solutions acides, alcalines, celles qui contiennent du potassium, calcium, zinc, nickel, etc., donnent la *réponse normale* et gênent la *réponse anormale* avec l'or, etc.

Si les fils sont très propres, on peut obtenir la *réponse anormale* avec une solution d'or au 3 ou 4 millionième, pour l'argent avec une solution au 2 ou 3 millionième; l'iode libre, le permanganate et l'eau oxygénée peuvent donner la même réaction avec une dilution pouvant aller jusqu'au 10 millionième.

L'eau distillée et l'eau de rivière donnent la *réponse normale*, tandis que l'eau de pluie donne la *réponse anormale* pendant plusieurs jours, peut-être à cause de la présence de traces d'eau oxygénée; la même réaction peut s'obtenir avec de l'eau agitée au contact de l'air et contenant une trace d'essence de térébenthine.

La sensibilité des fils diminue au bout de quelques minutes, mais on peut la raviver en trempant les fils dans une solution d'iode à $\frac{4}{1000}$ et en les nettoyant ensuite au blanc d'Espagne; leur surface doit être exempte d'oxyde et l'on doit éviter de les exposer mouillés au contact de l'air.

Avec des fils d'argent contenant un peu de cuivre, on obtient les mêmes effets avec les mêmes solutions (sauf pour celles qui contiennent du cuivre), la sensibilité des fils dure plus longtemps; pour les raviver, il suffit de les nettoyer au blanc d'Espagne, puis de les laver à l'ammoniaque et à l'eau pure.

Le courant de *réponse normale* est très faible avec ces fils, mais en revanche celui de *réponse anormale* a une plus grande force électromotrice que celle qu'on obtient avec des fils de cuivre. On peut observer la *réponse anormale* d'une façon très nette avec une solution d'or au 5 millionième; dans certain cas, on peut encore l'obtenir faiblement avec une solution au 20 millionième; les solutions d'argent donnent aussi une plus grande réponse anormale avec les fils d'argent qu'avec les fils de cuivre; il en est de même pour l'iode et le permanganate; l'eau oxygénée et les solutions de platine donnent une réponse anormale suivie aussitôt d'une *réponse normale*.

Avec les fils d'argent, il n'y a que les acides qui empêchent d'obtenir la *réponse anormale*, les alcalis et les sels en petite quantité ne l'empêchent pas de se produire, comme c'est le cas quand on emploie des fils de cuivre.

Au lieu d'un galvanomètre, j'emploie de préférence un électromètre capillaire à mercure. Chaque fil est fixé à une sorte de diapason. En faisant vibrer chacun d'eux à son tour, et en observant la colonne de mercure au microscope, je vois si le sens du courant indique la *réponse normale* ou *anormale*.

PHYSIQUE. — *Effet sonore déterminé, au contact d'une pointe métallique et de la surface d'un cristal ou d'un métal, par le passage du courant alternatif.* Note de MM. **R. Dongier** et **C.-E. Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

I. Lorsque les variations d'intensité que le courant subit ont des fréquences perceptibles à l'oreille, on entend un son qui suit fidèlement ces changements. L'énergie mise en jeu ne peut être que très réduite, parce qu'elle est limitée par l'intensité du courant, de l'ordre du dixième d'ampère, qui fait rougir la pointe métallique et altère le contact de celle-ci avec le métal ou le cristal. Aussi, le son est-il d'ordinaire extrêmement faible; il a été entendu, pour la première fois par l'un de nous, sur un détecteur à galène connecté entre le sol et une antenne, aux heures d'émission du poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel. Nous l'avons d'abord renforcé au

moyen de plaques métalliques circulaires montées sur caisses de résonance et supportant le cristal; nous avons obtenu ensuite un résultat des plus satisfaisants en fixant la pointe à la plaque vibrante d'une capsule de Marey, réunie par un tuyau de caoutchouc avec un pavillon acoustique (modèle ordinaire du phonographe à cylindre qui nous a été confié par la maison Pathé frères).

Au Bureau Central météorologique, dans le voisinage de la Tour Eiffel, avec une antenne composée d'un fil tendu de 25^m de long et d'une bobine d'accord, ce dispositif a permis de recevoir les dépêches radiotélégraphiques, distinctement, à plus de 15^m du récepteur. A l'Observatoire de Paris, qui est plus éloigné, mais où l'on dispose d'une antenne plus longue, les signaux ont été perçus nettement à 22^m de l'appareil. En plaçant l'oreille près du pavillon acoustique, la longueur du fil d'antenne a pu être réduite à moins de 3^m.

Le passage du courant alternatif du secteur (110 volts efficaces et 42 périodes) entre la pointe et le cristal détermine un son qui est perceptible à distance et qui augmente avec l'intensité du courant. Le son se maintient lorsque le courant échauffe, même jusqu'au rouge, les parties en contact, mais il est mêlé de grésillements à partir du moment où les surfaces commencent à s'altérer. En noyant l'extrémité de la pointe et le cristal dans le pétrole, il devient possible de faire passer un courant plus intense et par suite de produire un son plus renforcé.

II. Nos expériences ont porté sur le renforcement du son en fonction de la pression exercée par la pointe rigide contre la plaque métallique ou cristalline. Nous avons étudié l'influence de la nature des matières en contact; enfin, nous avons recherché à quelle cause pouvait être dû l'effet observé.

1° Le renforcement maximum est obtenu pour des pressions comprises entre deux valeurs extrêmes; au-dessous de la plus faible, le contact est insuffisant; au-dessus de la plus forte, l'amplitude des vibrations est amoindrie. Le son s'élève lorsque la pression croît.

2° Les essais sur la nature des matières en contact ont été effectués d'abord sur les pointes. Celles-ci (constituées avec de l'acier ordinaire, du ferro-nickel, du maillechort, du manganin, du nickel ou du laiton) étaient mises successivement en contact avec le même cristal et pressées de manière à rendre le son le plus intense possible. Les différences d'une pointe à l'autre ne sont pas bien marquées; il s'agit de nuances, desquelles on ne saurait tirer des conclusions fermes. Le manganin se classerait en première ligne. Le renforcement serait en relation avec la finesse de la pointe.

Nous avons essayé un certain nombre de cristaux que M. Félix Pellin a mis obligeamment à notre disposition (galènes de diverses origines, zincite, chalcosine, phi-

lipsite du Chili, chalcopyrite, magnétite, marcassite, grenat). Tous, excepté le grenat non conducteur de l'électricité, ont donné des sons plus ou moins intenses. Certains échantillons de galène et la zincite se sont placés en tête; viennent ensuite, dans l'ordre décroissant : la magnétite, la chalcosine, la chalcopyrite, la philipsite, la marcassite et enfin des échantillons de galène.

L'effet observé n'est pas spécial aux cristaux; les métaux oxydés à leur surface donnent des résultats analogues. Ainsi, avec de l'acier oxydé, l'intensité du son a été du même ordre de grandeur qu'avec la magnétite. L'acier poli a donné un son très faible, tout juste appréciable en mettant l'oreille dans le pavillon acoustique. Un son faible s'est produit avec le cuivre oxydé; mais rien n'a été entendu avec le cuivre poli. Enfin, le plomb oxydé a donné un résultat, mais le son s'est éteint bientôt par suite de la soudure de la pointe avec le métal fusible.

3° Pour reconnaître la nature du phénomène dont il s'agit, nous avons placé en dérivation entre la pointe et la lame, soit un téléphone à grande résistance, soit un galvanomètre unipolaire, soit les deux à la fois. Nous avons fait usage d'une galène de premier choix comme sélecteur de courants, puis d'une galène ne produisant qu'un effet peu accentué de sélection et enfin d'une lame d'acier oxydé. Dans chacun des cas, nous avons obtenu un renforcement notable du son au pavillon, mais tandis que la galène de premier choix donnait un son considérable au téléphone et une forte déviation au galvanomètre, la galène de dernier choix et la lame d'acier déterminaient un son insignifiant au téléphone et une division à peu près inappréciable au galvanomètre. On ne saurait donc rattacher à la même cause les effets de sélection et les effets que nous avons observés. Nous avons pensé à un effet thermique provoquant la projection brusque des particules gazeuses en contact avec la pointe, mais il ne semble pas que cette hypothèse puisse être admise, parce qu'on n'observe aucune différence dans l'intensité du son avant et après immersion de la pointe dans un liquide isolant, comme l'huile de pétrole, ou même l'eau ordinaire de la ville.

Il nous apparaît que cette étude mérite d'être poursuivie au double point de vue de la théorie et des applications.

PHOTOGRAPHIE. — *Méthode de développement automatique des clichés photographiques.* Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. Lippmann.

On peut développer un cliché automatiquement, c'est-à-dire sans regarder la marche du développement, et en employant au besoin un laboratoire portatif, c'est-à-dire en pleine lumière. La pratique de la méthode est la suivante :

Exposition de la surface sensible dans l'appareil devant le sujet. — Vitesse d'obturation unique, $\frac{1}{40}$ de seconde (le sujet est éclairé par le soleil, ou à l'ombre bien éclairée). Diaphragme de l'objectif, F : 11,3 pour un sujet au soleil et F : 4,5 le sujet étant à l'ombre bien éclairée.

Surface sensible utilisée. — Été : les plaques dites *rapides* 24° Warnerke. Hiver : les plaques *extra-rapides* 26° à 28° Warnerke.

Développement automatique à l'adurol ([1]) pendant 5 minutes.

Fixage (après lavage) dans une solution d'hyposulfite acide, en pleine lumière.

Je rappelle qu'il est nécessaire, pour que le développement puisse se faire automatiquement, d'une plaque des plaques exemptes de tout voile.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet photo-électrique des composés métalliques.* Note de M. **B.-A. Dima**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note précédente ([2]), j'ai signalé le fait suivant : le pouvoir photo-électrique des composés analogues du même métal dépend de la valence du métal dans ces composés ; plus cette valence est grande, plus le pouvoir photo-électrique est petit. En répétant les expériences, mais en utilisant des accumulateurs, pour avoir une source de rayons plus constante, j'ai constaté le même fait avec le bioxyde et le trioxyde de molybdène.

La série des oxydes de manganèse MnO, Mn^3O^4, Mn^2O^3 et MnO^2 nous en offre un exemple très net. Ces oxydes, exposés à la lumière ultraviolette, dans les mêmes conditions, émettent des charges négatives qui sont exprimées, en unités arbitraires, par les nombres 400, 240, 176 et 37. On voit bien que ces nombres sont dans l'ordre inverse de la valence du métal dans les oxydes.

Dans toutes ces expériences, il faut employer les oxydes anhydres. En effet, les hydrates produisent une émission bien inférieure ; je l'ai constaté dans une série d'expériences comparatives faites avec les oxydes anhydres et hydratés suivants : sesquioxydes de bismuth, de fer, d'aluminium, de manganèse, les oxydes de plomb, de cuivre et de cadmium.

([1]) Révélateur :

Eau	1000$^{cm^3}$
Sulfite de soude cristallisé	80^g
Carbonate de soude cristallisé	60^g
Adurol	10^g
Bromure de potassium	6^g

([2]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1366 (séance du 5 mai 1913).

Fatigue photo-électrique. — On sait que l'effet photo-électrique diminue, en général, plus ou moins vite, à mesure qu'on fait croître la durée d'exposition. Les causes multiples de ce phénomène ne sont pas très bien connues. On attribue surtout le fait à la présence de l'ozone et des gaz adsorbés par la surface du corps exposé à la lumière. Mais on a supposé aussi que l'oxydation du métal pouvait intervenir dans certains cas. Il semble que cette dernière cause puisse s'expliquer par le fait énoncé plus haut. En effet, dans le cas des divers oxydes du même métal, l'oxyde de degré inférieur ayant une tendance plus grande à s'oxyder et l'oxydation correspondant à une augmentation de la valence de l'atome métallique, cet oxyde doit présenter une fatigue plus grande que l'oxyde supérieur.

En examinant des oxydes différents du même métal, j'ai constaté les faits suivants :

Le bioxyde de plomb, exposé pendant 3 heures et demie à la lumière ultraviolette, a émis des charges électriques qui, exprimées en unités arbitraires, sont représentées par les nombres 97, 99, 102, 96, 101, 104, 97, 95, 95, 104, 97, 102, 100, 102, 103, 102, 101, 100, 101, 99, 102, 101, 101, 105, 104, 95, 101, 100, 99, 103. Étant donnée l'erreur expérimentale qu'on ne peut éviter dans la mesure de la charge (5 pour 100) et la variation de l'énergie électrique entre les bornes de la lampe à mercure (1 pour 100), on peut considérer que le bioxyde de plomb ne présente pas de fatigue appréciable. Le fait avait d'ailleurs été déjà constaté.

Le protoxyde de plomb, au contraire, se fatigue très vite. Au bout de 25 minutes, l'effet a diminué de 60 pour 100. Le bioxyde d'étain ne se fatigue presque pas; au contraire le protoxyde se fatigue très vite, qu'il soit exposé à la lumière ou qu'il soit laissé à l'obscurité.

J'ai obtenu des résultats analogues avec le bioxyde et le protoxyde de manganèse, l'oxyde rouge et l'oxyde noir de mercure.

Les oxydes supérieurs de fer, le sesquioxyde et surtout l'oxyde salin, se fatiguent très peu.

Le bioxyde de molybdène, au bout de 2 heures et demie, a présenté une fatigue de 20 pour 100, tandis que le trioxyde de molybdène a augmenté son émission de 25 pour 100. En même temps, dans les parties qui sont exposées à la lumière, la couleur jaunâtre du trioxyde devient violet pâle [1].

Il semble donc s'être produit une *réduction* sous l'influence de la lumière

[1] La couleur du bioxyde est violet foncé.

ultraviolette. D'ailleurs un autre échantillon, après avoir été exposé une seule fois à la lumière et puis laissé 2 heures et demie à l'obscurité, ne présente pas cette augmentation de l'effet photo-électrique.

Influence de l'halogène. — On sait qu'au point de vue chimique, les propriétés du chlorure, du bromure et de l'iodure d'un même métal, quoique semblables, présentent souvent une graduation, de telle sorte que celles du bromure se trouvent intermédiaires entre celles du chlorure et de l'iodure. Pour voir s'il existe une graduation analogue dans l'effet photo-électrique, j'ai étudié une série de composés halogénés métalliques choisis parmi les plus stables. Les valeurs de l'émission obtenue dans des conditions semblables sont exprimées en unités arbitraires dans le Tableau ci-dessous :

	Chlorure.	Bromure.	Iodure.
Potassium	67	320	1200 (¹)
Plomb	31	97	3000
Mercure (proto)	13	19	1400
Mercure (deuto)	5	14	230
Argent	200	430	750
Cadmium	60	24	18

On voit que, sauf pour le cadmium, l'effet croît avec le poids atomique de l'halogène et dans tous les cas l'effet produit par le bromure est intermédiaire entre ceux du chlorure et de l'iodure.

Quant à la variation de l'émission avec le temps, j'ai constaté les faits suivants :

Le chlorure de potassium, le bromure et l'iodure de plomb se fatiguent aussi vite à la lumière qu'à l'obscurité (²). Dans le cas du bromure de potassium, l'effet photo-électrique augmente très vite à la lumière pour diminuer lentement à l'obscurité et revenir, après un long repos, à peu près à la valeur initiale. Avec le bromure et l'iodure d'argent, il se produit le même phénomène, mais l'effet reste toujours supérieur à sa valeur initiale. Dans le cas du chlorure d'argent, l'effet diminue soit à la lumière, soit à l'obscurité, quand il s'agit de petits intervalles. Ce n'est qu'après un long repos qu'on observe une augmentation.

Dans le cas de l'iodure rouge de mercure, alternativement exposé à la lumière et laissé à l'obscurité pendant 3 jours, l'émission a augmenté constamment, surtout à l'obscurité.

(¹) Tous ces nombres n'ont d'autre valeur que d'indiquer le sens du phénomène.

(²) Les corps ont été, alternativement, exposés à la lumière et laissés à l'obscurité.

Il est probable que, dans les cas où l'effet photo-électrique augmente, il se produit une réduction sous l'influence de la lumière ultraviolette, c'est-à-dire une diminution de la valeur de l'atome métallique. Si cette interprétation est exacte, il est permis de prévoir que l'électromètre servira un jour aux chimistes pour étudier des phénomènes photochimiques trop subtils pour être mis en évidence par les moyens ordinaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectrochimie des complexes cobaltiques.* Note de MM. **Yugi Shibata** et **G. Urbain**, présentée par M. A. Haller.

Une série de spectrogrammes du visible et de l'ultraviolet, relatifs à l'absorption de solutions de mêmes concentrations $\left[\frac{N}{100} \text{ et } \frac{N}{1000}\right]$ de 24 sels cobaltiques appartenant aux séries les plus diverses, nous a permis de mettre en évidence des relations assez intéressantes entre la constitution de ces complexes et leur absorption.

Nos mesures ont été traduites par des courbes en portant, suivant deux axes rectangulaires, les épaisseurs des solutions et les fréquences correspondant aux limites, assez indécises d'ailleurs, de l'absorption.

D'une manière générale, les diagrammes présentent, dans l'étendue étudiée du spectre, deux minima très nets dont les fréquences sont toujours respectivement voisines de 2000 et 3000.

Ces deux bandes nous semblent caractéristiques de l'atome cobaltique trivalent fonctionnant comme *chromophore*.

Trois sels,

$$\left[\text{Co}\begin{matrix}\text{En}^2\\ \text{Cl}^2\end{matrix}\right]\text{Cl}; \qquad \left[\text{Co}\begin{matrix}\text{En}^2\\ \text{NH}^3\\ \text{Br}\end{matrix}\right]\text{Br}^2; \qquad \left[\text{Co}\begin{matrix}(\text{NH}^3)^5\\ \text{OH}\end{matrix}\right]\text{Cl} + \text{H}^2\text{O},$$

n'ont présenté avec netteté qu'une seule bande, et il semble bien que la limite ultraviolette de l'absorption empiète sur la bande la plus réfrangible et la masque.

La nature des molécules entières ou des ions dissimulés qui accompagnent le cobalt dans l'ion complexe influe tantôt sur l'ordonnée et tantôt sur l'abscisse de chacun des minima.

Comme il est évident que la sensibilité relative des bandes influe autant sur la coloration que la position des bandes dans l'échelle spectrale, nous dirons des groupes *auxochromes* qu'ils fonctionnent comme *hyperchromes*

lorsqu'ils augmentent cette sensibilité, et comme *hypochromes* lorsqu'ils la diminuent, de même qu'on dit qu'ils fonctionnent comme *bathochromes* ou *hypsochromes* suivant qu'ils provoquent un déplacement des bandes vers le rouge ou vers l'ultraviolet.

Ces diverses fonctions sont d'ailleurs très relatives et peuvent se rapporter à certaines bandes et non à d'autres.

Les différentes comparaisons ont été faites par rapport au chlorure lutéocobaltique $[Co(NH^3)^6]Cl^3$ à cause de la parfaite symétrie de son ion complexe.

L'éthylène-diamine est seulement hyperchrome si la substitution à l'ammoniaque est totale $[CoEn^3]Cl^3$. Elle est en outre nettement hypsochrome si la substitution est partielle $\left[Co{}^{En^2}_{(NH^3)^2}\right]Br^3$.

L'eau agit comme bathochrome $\left[Co{}^{(NH^3)^5}_{H^2O}\right]Cl^3$. Elle agit en même temps comme hyperchrome surtout en ce qui concerne la bande la plus réfrangible.

Une deuxième molécule d'eau $\left[Co{}^{(NH^3)^4}_{(H^2O)^2}\right]Cl^3$, ne modifie pas sensiblement la position des minima et augmente surtout la sensibilité de la bande la moins réfrangible.

Les sels purpuréo $\left[Co{}^{(NH^3)^5}_{Cl}\right]X$ ont une absorption qui diffère peu en solution de celle des sels roséo. Ce qui tient à l'existence d'un équilibre entre les deux formes.

La substitution d'une molécule H^2O à une molécule NH^3 dans les sels purpuréo n'introduit dans les diagrammes que des changements insignifiants.

Les ions carbonato et oxalato dissimulés fonctionnent comme bathochromes. Leur absorption diffère essentiellement de celle des sels praséo

$$\left[Co{}^{(NH^3)^4}_{Cl^2}\right]X.$$

Les groupes NO^2 sont fortement hyperchromes, surtout en ce qui concerne la bande la plus réfrangible. La présence d'un deuxième, d'un troisième et même d'un quatrième groupe NO^2 ne modifie pas sensiblement le diagramme, bien que ces substitutions successives modifient la valence de l'ion, et même changent son signe. Dans ces molécules, les groupes Cl, OH, C^2O^4 fonctionnent comme bathochromes par rapport à la deuxième bande.

D'une manière générale, à l'exception de NO^2, les radicaux négatifs sont nettement bathochromes, par rapport à la bande la moins réfrangible.

L'effet des changements d'intensité relative des deux bandes est presque toujours plus net que l'effet de déplacement dans l'échelle des fréquences.

DYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Sur la combustion des mélanges gazeux.* Note [1] de MM. **Taffanel** et **Le Floch**, présentée par M. H. Le Chatelier.

En deux Notes précédentes, nous avons exposé des résultats expérimentaux sur les températures d'inflammation et retards à l'inflammation de mélanges de gaz combustibles et d'air, et nous avons indiqué comment la loi de variation de la vitesse de réaction avec la température pouvait influer sur ces phénomènes. Deux autres séries de recherches ont eu pour objet d'apporter une contribution à l'étude des vitesses de réaction.

En premier lieu, nous avons mesuré ces vitesses aux températures inférieures à celles d'inflammation, en nous servant du même dispositif que pour la détermination des températures d'inflammation, et en aspirant le mélange gazeux dans un récipient froid après un temps donné de séjour dans le matras à la température d'essai, on a dosé l'acide carbonique fermé.

Voici, par exemple, les résultats obtenus avec un mélange de grisou naturel et d'air à 6,5 pour 100 de formène :

Températures	535°	560°	575°	600°	615°	620°	630°	635°	640°
CH^4 brûlé par seconde pour 100 unités du mélange	0,00075	0,0016	0,0025	0,0037	0,0075	0,0145	0,017	0,021	0,050

La masse combinée par unité de temps est en moyenne décuplée quand la température s'élève de 70 degrés environ. La loi de variation de la proportion combinée par seconde $\frac{d\alpha}{d\theta}$, en fonction de la température θ, est convenablement représentée dans les limites des essais par la formule

$$\log\frac{d\alpha}{d\theta} = \frac{\theta - 890}{70}.$$

(1) Présentée dans la séance du 6 octobre 1913.

Aux teneurs de 9 et 12 pour 100 de formène et entre 550° et 680°, la loi est assez bien représentée par des formules peu différentes :

$$\log \frac{d\alpha}{d\theta} = \frac{\theta - 870}{60} \quad \text{et} \quad \log \frac{d\alpha}{d\theta} = \frac{\theta - 830}{50}.$$

Lorsqu'on veut se servir de ces formules, en les extrapolant d'une cinquantaine de degrés, pour évaluer les températures d'inflammation selon la construction rappelée dans une précédente Note, on retrouve les nombres expérimentaux, en admettant, pour le coefficient d'échange de chaleur avec les parois du vase, le nombre de $0^{\text{Cal}},0005$ par seconde pour la masse de gaz occupant 1^{cm^3} à 0° C., nombre voisin de celui qu'on peut déduire de l'étude des retards à l'inflammation.

Les mélanges d'oxyde de carbone et d'air conduisent entre 400° et 500°, lorsqu'ils ne donnent pas lieu aux inflammations accidentelles, dont il fut question dans une précédente Note, aux formules suivantes, pour les teneurs de 25 et 50 pour 100 :

$$\log \frac{d\alpha}{d\theta} = \frac{\theta - 1020}{120} \quad \text{et} \quad \log \frac{d\alpha}{d\theta} = \frac{\theta - 950}{110}.$$

Ces formules ne paraissent pas applicables aux températures plus élevées; elles impliqueraient des températures d'inflammation et des retards supérieurs à ceux qui furent observés.

En second lieu nous avons étudié les limites d'inflammabilité. Les températures de combustion des mélanges limites d'inflammabilité doivent être telles qu'en approchant de ces températures, la vitesse de réaction atteigne l'ordre de grandeur nécessaire pour que la propagation de la conductibilité soit possible; cette propagation n'est d'ailleurs réalisable qu'avec une certaine vitesse finie, vitesse minimum compatible avec les pertes calorifiques dans les conditions des essais. Sous réserve des différences tenant à la diversité des conditions expérimentales ou des coefficients de chaleur spécifique ou de conductibilité, on peut, par la détermination des limites d'inflammabilité et le calcul des températures de combustion correspondantes, comparer les températures auxquelles divers mélanges ont des vitesses de réaction du même ordre de grandeur.

Afin d'obtenir, pour diverses teneurs d'un même gaz, des évaluations comparatives des températures correspondant à ces vitesses de réaction limites, nous avons fait varier la température initiale. Le mélange à essayer est introduit dans un tube à la température d'essai ; on observe si l'étincelle

électrique provoque ou non une inflammation se propageant à toute la masse.

Voici les résultats obtenus avec les mélanges de grisou naturel et d'air :

Température initiale	20°	175°	237°	312°	555°	690°
Teneur limite d'inflammabilité en pour 100	5,80	5,25	4,75	4,30	3,40	3,00
Température d'inflammation dans les conditions de l'essai	675°	675°	685°	690°	700°	705°
Température de combustion (calculée)	1320°	1350°	1300°	1280°	1300°	1330°

Ainsi, suivant l'interprétation donnée pour les limites d'inflammabilité, la température à laquelle la vitesse de réaction est suffisante pour assurer la propagation de la flamme est voisine de 1310°; nos essais montrent que cette température ne varie pas sensiblement, au degré des expériences, quand la teneur passe de 3 à 6 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Leucobases et colorants du diphényléthylène* (VI) : *La première étape de l'oxydation de la leucobase cyclohexylidénique* $C^6H^{10} = C(Dm)^2$. *Vert malachite tétrahydrogéné.* Note de M. **P. Lemoult**, présentée par M. Jungfleisch.

Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 155, p. 355, année 1912), j'ai montré : 1° que le tétraméthyldiamidodiphénylcyclohexylidèneméthane (n° I)

I. $CH^2\langle{}^{CH^2-CH^2}_{CH^2-CH^2}\rangle C = C(Dm)^2$. II. $C^6H^9 - C(Dm)^2$ (OH). III. $C^6H^8 = C(Dm)^2$.

$$Dm = C^6H^4N(CH^3)^2.$$

est une leucobase donnant, sous l'action de PbO^2, un très beau colorant bleu; 2° que ce colorant bleu est peu stable et se détruit spontanément en milieu aqueux en donnant le composé n° III qui a 2^{at} d'hydrogène en moins que la leucobase initiale. Ce phénomène n'est que la première étape d'une série d'oxydations avec colorations et de décolorations que j'ai signalées (*loc. cit.*); j'étudierai ultérieurement les autres étapes, la présente Note étant consacrée à la première qui fournit une matière colorante nouvelle, le vert malachite tétrahydrogéné.

La transformation du composé n° I en composé n° III, qui a lieu par

perte de H^2 venant après une oxydation indéniable (apparition de colorant très intense), montre que le mécanisme de cette transformation consiste en une élimination globale de H^2O, et rend certaine l'existence d'un composé oxygéné qui sert d'intermédiaire entre les deux composés nos I et III; je l'ai isolé en opérant de la manière suivante :

On dissout 10g de la leucobase n° I dans 90cm³ d'acide acétique, 6cm³ de HCl et 1l d'eau et l'on traite en présence de glace par 7g,2 de PbO^2, puis par de l'acétate de sodium et du sulfate de sodium; la liqueur, d'une nuance bleue magnifique, est abandonnée 48 heures à température ordinaire; sa coloration est alors considérablement atténuée, mais encore sensible; on sépare l'insoluble formé de sulfate de plomb et d'un précipité organique pesant environ 3g. La liqueur filtrée, toujours colorée, neutralisée par l'ammoniaque, donne un précipité organique volumineux qu'on recueille et qu'on sèche dans le vide sulfurique à température ordinaire; il pèse environ 6g à 7g.

Le premier précipité ne m'a donné que le composé n° III (point de fusion 169°); dans le second, se trouve le composé intermédiaire oxygéné qu'on cherche, n° II; le produit brut est dissous dans du benzène froid et, par évaporation lente du dissolvant, il se dépose de fins cristaux légèrement grisâtres, accompagnés d'une très faible quantité de cristaux à section carrée qu'on n'a pu analyser faute de matière (point de fusion, environ 187°), et de substances desquelles on retire, par cristallisations dans l'alcool, une nouvelle portion du corps n° III.

Les premiers cristaux, purifiés à nouveau par dissolution dans le benzène, constituent le composé cherché n° II; l'analyse a donné en effet :

C pour 100, 79,04; H pour 100, 8,56; N pour 100, 7,99 et 7,87 (moyenne, 7,93).

Ils contiennent donc de l'oxygène dont la teneur atteint 4,47 pour 100.

Or, si le composé cherché résulte de la fixation d'un atome d'oxygène sur la leucobase n° I, il doit avoir pour formule $C^{23}H^{30}N^2O$, et celle-ci correspond précisément à

C pour 100, 78,85; H pour 100, 8,57; N pour 100, 8,00; O pour 100, 4,57.

Le point de fusion de ces cristaux dépend de la rapidité avec laquelle on les chauffe : si l'on opère très rapidement, ils ne fondent pas même à 160°, mais seulement un peu au delà. Si l'on opère lentement, ils commencent à fondre vers 130°-135°. Le point de fusion instantanée est voisin de 145° et le liquide obtenu est parsemé de fines bulles qui disparaissent peu à peu ; ce liquide refroidi se solidifie et ne fond plus alors que vers 165°; ceci s'accorde parfaitement avec une anhydrisation plus ou moins rapide des cristaux étudiés, qui les transforme en composé n° III (point de fusion 169°).

Cette transformation se fait encore d'une autre manière très démonstra-

tive : les cristaux étudiés se dissolvent facilement à chaud dans l'alcool à 95° et la solution dépose à froid des cristaux très différents, dont le point de fusion surpasse 160°; repris une seconde fois par l'alcool, ils fondent à 169°; ils sont alors identiques au composé n° III. Cette circonstance avait jusqu'ici masqué la formation du composé oxygéné $C^{23}H^{30}N^{2}O$, parce que le produit brut, obtenu comme je l'ai dit plus haut, avait été cristallisé dans l'alcool bouillant, qui l'anhydrise s'il ne l'était déjà.

Vert malachite tétrahydrogéné. — Le composé oxygéné que je viens de décrire est la base d'une matière colorante. En effet : 1° si on le dissout dans l'alcool froid, la liqueur est incolore; mais si l'on ajoute une goutte d'acide acétique, il apparaît de suite une magnifique coloration bleue persistante; ce phénomène n'a lieu ni avec le composé n° I, ni avec le composé n° III; 2° si on le traite par l'acide acétique froid, il s'y dissout avec une très belle coloration bleue qui se développe peu à peu et qui persiste, ou du moins ne s'atténue que très lentement, quand on ajoute de l'eau; 3° si l'on traite du coton mordancé au tanin par une solution légèrement acide du composé oxygéné étudié, on obtient une belle teinture dont l'intensité est comparable à celle que donne le vert malachite à la même teneur, mais dont la nuance est sensiblement plus bleue; 4° enfin si l'on examine comparativement au spectroscope le vert malachite d'une part et la solution acétique du composé $C^{23}H^{30}N^{2}O$ d'autre part, on les trouve extraordinairement différents; alors que le premier colorant laisse passer très nettement du rouge même à la dilution de 1^{g} par litre sous une épaisseur de 16^{mm}, le second ne laisse passer du rouge et encore d'une manière à peine perceptible, qu'à la dilution de 1^{g} dans 8^{l} à 9^{l}; les autres bandes colorées des spectres d'absorption sont d'ailleurs notablement différentes quand on opère à dilutions et épaisseurs égales.

De ceci, il résulte que l'oxydation ménagée du composé n° I fournit un colorant dont la base fondant à 145° a pour formule $C^{23}H^{30}N^{2}O$ (¹); cette base s'anhydrise très facilement en donnant le composé n° III $C^{23}H^{28}N^{2}$ et elle correspond à un colorant qu'on peut écrire (formule Rosenstiehl) $C^{6}H^{5}(H^{4})-C\begin{cases}OH\\(Dm)^{2}\end{cases}$, ce qui fait de lui le vert malachite tétrahydrogéné; la présence de 4^{at} d'hydrogène supplémentaires a changé considérablement, presque inversé même, les propriétés absorbantes des solutions à l'égard de la lumière blanche.

(¹) La base correspondant au vert malachite $C^{23}H^{26}N^{2}O$ fond à 120°.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La trypsine de* Calotropis procera R. Br. *et le poison qui l'accompagne.* Note de MM. **C. Gerber** et **P. Flourens**, présentée par M. L. Guignard.

1° Action chimique. — Le latex de *Calotropis procera* coagule le lait et digère la caséine et la fibrine, grâce à un ferment protéolytique très résistant à la chaleur et plus actif en milieu alcalin qu'en milieu neutre. Nous avons préparé cette trypsine par la méthode utilisée pour *Ficus Carica* L. ([1]) (séparation dans une ampoule à décantation du sérum de latex, salé à 20 pour 100, de son caoutchouc; dialyse pendant 8 heures, à l'eau courante, de ce sérum; évaporation à basse température, en présence d'acide sulfurique). Elle se présente en paillettes blanc jaunâtre, malheureusement de 8 à 10 fois moins active que le latex. Cette méthode n'en est pas moins la meilleure, car l'atténuation du ferment est 4 à 5 fois plus forte encore, si l'on emploie la précipitation par l'alcool.

Cette trypsine est très sensible aux sels d'argent, de cuivre, de mercure, d'or, de platine, etc., aux halogènes, à l'eau oxygénée, aux albuminoïdes du lait coagulables par la chaleur.

C'est ainsi qu'il nous a suffi de 0,32 mol-mg $AgCl^2$, de 0,64 mol-mg $AgNO^3$, de 4 mol-mg IO^2 ou de $0^{cm^3},08$ d'eau oxygénée neutre à 100^{vol}, par litre de liquide à digérer, pour s'opposer à la coagulation du lait bouilli ainsi qu'à la digestion de la caséine de ce lait et de la fibrine, par une dose de trypsine très active en l'absence de ces corps. C'est ainsi également qu'une dose de $0^{cm^3},16$ de latex dilué au $\frac{1}{100}$ a été incapable de déterminer, à 55°, la coagulation de 5^{cm^3} de lait cru, alors qu'elle coagulait le même volume de lait bouilli en 3 minutes, et qu'une dose 16 fois plus faible déterminait la prise en masse de ce liquide en 65 minutes.

2° Action physiologique. — Elle est très différente suivant qu'on s'adresse au rat ou au cobaye.

a. Rat blanc. — La région qui a reçu l'injection sous-cutanée de trypsine perd rapidement ses poils et, au bout d'une heure environ, l'épiderme tombe. Le derme apparaît rouge et suintant une sérosité sanguinolente; après incision, on trouve le tissu cellulaire sous-cutané œdématié, gélatineux, avec une vasodilatation intense. Les muscles peauciers et ceux de la

---

([1]) C. Gerber et H. Guiol, *Extraction et essais des pancréatines du Figuier et du Mûrier à papier* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, t. LIX, p. xxv).

paroi présentent un état de désintégration résultant d'un commencement de digestion. 24 heures après l'injection, on constate au point lésé une forte rétraction des tissus superficiels; une eschare tend à se former qui, peu à peu, se délimite, devient noirâtre, de consistance cornée, et tombe du 6e au 8e jour, laissant après elle une cicatrice rosée qui se recouvre de poils et disparaît sans laisser de trace. A aucun moment l'animal n'a présenté de troubles fonctionnels importants. Le lapin, la poule se comportent comme le Rat.

b. Cobaye. — L'injection sous-cutanée, au début, semble ne provoquer aucun trouble; mais 20 minutes après, les mouvements respiratoires augmentent en nombre et en intensité; la dyspnée s'installe; l'animal est pris de tremblements convulsifs; les membres antérieurs sont paralysés. Au repos, le cobaye prend point d'appui sur son maxillaire inférieur; dans les mouvements de progression, il ne se sert que de ses membres postérieurs, d'où une allure saccadée très caractéristique. Les membres postérieurs se paralysent à leur tour; l'animal tombe sur le flanc; mis sur le dos, il ne peut se redresser. Quelques inspirations profondes précèdent la mort qui survient 30 minutes environ après l'injection.

A l'autopsie, on constate de la vasodilatation au point d'inoculation, de la congestion pulmonaire, de la vasodilatation splanchique. Le cœur est arrêté en systole. Très faible digestion du tissu cellulaire sous-cutané, sans perte de poil ni chute d'épiderme.

Le pigeon, les animaux à sang froid (tortue, grenouille, poissons, poulpe), se comportent comme le cobaye, la survie étant plus courte chez le pigeon et plus longue chez le poulpe. Ces morts et les symptômes prémonitoires rappellent ce qu'on a observé avec le latex de *Broussonetia* [1]. Ils sont dus à une cause semblable. Ayant en effet répété les expériences précédentes en remplaçant la solution de trypsine par un même volume de cette liqueur portée 30 minutes à 100°, les résultats furent identiques. Seuls les phénomènes de protéolyse firent défaut. Le lapin, le rat blanc et la poule n'ont présenté aucun trouble; le pigeon a succombé en 75 minutes, le cobaye en 30 minutes et le poulpe en 6 heures. Il existe donc dans notre trypsine une substance toxique non détruite à 100° et accompagnant la diastase protéolytique. Ce poison peut être extrait par macération dans l'alcool à 95°, filtration, évaporation de la teinture, reprise de l'extrait

[1] C. GERBER et J. SALKIND, *Intoxication aiguë par le latex de* Broussonetia papyrifera (*C. R. Soc. B.*, t. LXXIV, p. 428).

alcoolique par l'eau et évaporation à sec du filtrat. C'est avec une solution au $\frac{1}{50}$ dans la liqueur physiologique du produit brun ainsi obtenu que nous avons fait les injections sous-cutanées résumées dans le Tableau suivant :

Nom de l'animal.	Poids.	Extrait alcoolique injecté.	Durée de survie.	Dose mortelle par kilogr.
	g	cg		g
Poulpe............	1285	2	7 heures	<0,016
Cobaye............	850	2	30 minutes	<0,023
Pigeon............	525	2	15 minutes	<0,038
Lapin.............	1170	6	>30 jours	>0,051
Poule.............	960	6	>30 jours	>0,064
Rat...............	35	2	>30 jours	>0,570

On voit que $0^g,570$ de poison par kilogramme d'animal est sans action sur le rat blanc, alors qu'une dose 25 fois plus faible tue le cobaye et une dose 36 fois plus faible tue le poulpe. *La sensibilité de l'organisme pour le poison varie donc considérablement avec l'espèce.* On voit également que, pour un même poids d'animal, le lapin résiste à une dose 2,5 fois plus forte que celle qui tue rapidement un cobaye; quant au pigeon, il succombe avec une dose environ 2 fois plus faible que celle qui est sans action sur la poule. *Il existe donc de très grandes différences dans la résistance au poison de deux espèces voisines.*

La substance toxique qui accompagne notre trypsine d'Asclépiadée ressemble beaucoup à celle étudiée par J. Chevalier dans le poison sagittaire utilisé par certaines tribus de l'Afrique tropicale ([1]). Aussi serions-nous portés à partager l'opinion émise par notre ami l'explorateur A. Chevalier sur l'origine calotropienne dudit poison, n'était l'odeur vireuse si spéciale que présente le latex de *Calotropis procera* et son extrait alcoolique qui contraste avec l'absence d'odeur attribuée au poison sagittaire ([1]).

En résumé, *la trypsine de* Calotropis procera *est très fragile, sauf vis-à-vis de la chaleur. Son fonctionnement* in vitro *est entravé par les mêmes substances que la pancréatine de* Ficus Carica. *Elle appartient au type des ferments protéolytiques du lait bouilli. En injection sous-cutanée, elle détermine des phénomènes de digestion accompagnés chez certains animaux de manifestations toxiques avec mort. Ces phénomènes toxiques sont dus à l'action d'un poison cardiaque coexistant dans le latex avec le ferment protéolytique, comme dans le latex de* Broussonetia *coexistent une pancréatine et un poison*

([1]) E. Perrot et Em. Vogt, *Poisons de flèches et poisons d'épreuve*, p. 37.

curarisant. Mais alors que chez Broussonetia *la stabilité de la pancréatine vis-à-vis de l'alcool permet de la séparer du poison, la grande labilité du ferment protéolytique du* Calotropis *vis-à-vis de ce solvant du principe toxique, joint au caractère peu dialysable de ce dernier, ne permet pas d'obtenir une trypsine active privée de la substance toxique.*

ZOOLOGIE. — *Sur les Langoustes de Madagascar.* Note (¹) de M. A. GRUVEL, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans un travail assez récent (²) nous déplorions le peu de connaissances sérieuses que nous possédons sur les Langoustes de nos colonies françaises, et en particulier, l'Indo-Chine et Madagascar.

Depuis lors, grâce aux très intéressantes collections et aux Rapports qui nous ont été adressés de Madagascar sur l'ordre de M. le gouverneur général Picquié, nous avons pu combler une lacune, au moins pour cette dernière colonie. Nous serons bientôt, pensons-nous, également fixés sur ce sujet, pour l'Indo-Chine.

Nous savons maintenant, d'une façon certaine, qu'il existe, sur les côtes de la grande île, au moins trois espèces de *Palinuridæ* très nettement distinctes, qui, toutes, appartiennent au genre *Palinurus* (Gray) White. Ce sont :

P. penicillatus Olivier, *P. Burgeri* de Haan et *P. ornatus* Fabric.

1° *Palinurus penicillatus* Oliv. Cette espèce, désignée encore, dans la colonie, sous le nom de « Langouste noire », en malgache : *orana mainty* (de *orana*, écrevisse et *mainty*, noir), n'avait jamais encore été signalée, pensons-nous, sur les côtes de Madagascar, où, cependant, elle est extrêmement commune dans les récifs coralligènes de la côte Est et Nord-Est, particulièrement entre Tamatave et Diégo-Suarez. C'est une forme très rustique, qui supporte, à l'état vivant, des voyages de plusieurs jours et qui s'expédie, actuellement, jusque sur le marché de Tananarive. Sur la côte, le prix d'une Langouste moyenne varie de 0fr,20 à 0fr,50; dans la capitale elle se vend couramment 1fr,50 et 2fr. Son poids maximum ne paraît pas dépasser 1500g à 2000g, mais la plupart atteignent seulement de 800g à 1000g.

2° *Palinurus Burgeri* de Haan. Cette seconde espèce, désignée sous le nom de

(¹) Présentée dans la séance du 6 octobre 1913.

(²) A. GRUVEL, *Contribution à l'étude générale, systématique et économique des* Palinuridæ (*Annales de l'Institut océanographique*, t. III, fasc. 4).

« Langouste rouge » (*orana mena*) est plus petite (800g à 1000g maximum) et plus rare que la précédente, quoique, cependant, encore assez abondante.

Elle supporte très difficilement les voyages, aussi sa consommation est-elle exclusivement côtière. Elle se rencontre sur toute la côte orientale de l'île, de Diégo-Suarez à Fort-Dauphin, en plus ou moins grande abondance suivant les régions.

3° Enfin *Palinurus ornatus* Fabric. Celle-ci porte le nom de « Langouste de sable », parce qu'elle se tient surtout en dehors de la zone des récifs, sur des fonds assez considérables de sable et de roche. On ne la recueille sur les récifs qu'au moment des grandes marées; aussi, à cause des moyens de pêche très primitifs dont disposent les indigènes, est-elle la moins connue des trois.

On la rencontre cependant en assez grande abondance en plusieurs points de la côte orientale et sud-occidentale en particulier, aux environs de la baie de Diégo et, plus spécialement, entre Tuléar et le cap Sainte-Marie. Elle remonte, également, au nord de Tuléar.

Le poids d'une Langouste ornée moyenne est de 1200g environ, mais elle peut atteindre facilement une longueur (non compris les antennes), de $0^m,50$ à $0^m,70$ et un poids de 4^{kg} à 5^{kg}.

Certains exemplaires arrivent même jusqu'à 6^{kg} et 7^{kg}. Ce sont là, il est vrai, des formes géantes, assez rares.

Les procédés de pêche, exclusivement indigènes sont très primitifs. On capture ces crustacés, surtout la nuit, en les attirant par des feux et en les harponnant avec un engin spécial, ou encore à l'aide de filets dormants, courts (5^m à 6^m), tendus la nuit, en dehors de la ligne des récifs, ou enfin, avec des nasses à large ouverture.

Beaucoup d'indigènes refusent de les pêcher, car ils sont *fady* pour un certain nombre de tribus.

Leur consommation, très restreinte et à peu près exclusivement localisée à la côte (sauf pour Tananarive), est presque entièrement européenne; les indigènes les dédaignent.

Il est à peu près certain qu'avec les engins européens, maniés par des spécialistes de cette pêche, on pourrait en capturer, soit sur les récifs, soit surtout en dehors, de très grandes quantités.

Comme ces Crustacés sont à peu près inutilisés à Madagascar et que leur valeur en Europe devient de plus en plus considérable, il se pourrait qu'une exploitation bien comprise, utilisant les transports frigorifiques existant, croyons-nous, pour le bétail, donnerait des résultats extrêmement intéressants. Nous avons montré, en effet, qu'une Langouste bien cuite peut se conserver, dans des conditions parfaites, pendant au moins un mois, si elle est maintenue entre 0° et − 2° C.

En tous cas, l'expérience vaudrait d'être tentée en petit, avant de lancer une vaste exploitation (1).

Aurait-on supposé, il y a quelques années, que la Langouste royale (*P. regius*), alors véritable rareté scientifique, arriverait aujourd'hui par milliers et vivante (300000 en 1912) sur le marché français?

EMBRYOLOGIE GÉNÉRALE. — *Action inhibitrice du sperme d'Annélide* (Sabellaria alveolata) *sur la formation de la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin* (Paracentrotus lividus). Note (2) de M. **A. Brachet**, présentée par M. Yves Delage.

La membrane dite *de fécondation*, qui apparaît au moment de la pénétration du spermatozoïde, joue un rôle important dans toutes les théories générales de la fécondation et de la parthénogenèse, et l'on sait que ce rôle passe même au premier plan dans la conception de Loeb.

J'ai eu l'occasion l'été dernier, à la Station biologique de Roscoff, de réaliser quelques expériences qui tendent à préciser un peu la signification de cette membrane.

I. Si l'on arrose de sperme d'Hermelle (*Sabellaria alveolata*) des œufs mûrs et vierges de *Paracentrotus lividus*, il ne se produit dans ces œufs aucune modification visible, même après plusieurs heures de contact, quelle que soit la concentration du sperme. Les spermatozoïdes s'engagent en grand nombre dans la gangue muqueuse, quelques-uns la traversent et touchent l'œuf, mais ils n'y pénètrent jamais. Jamais non plus il n'apparaît autour de ces œufs la moindre trace d'une membrane de fécondation.

Le résultat est exactement le même si, avant d'ajouter le sperme de *Sabellaria*, on secoue les œufs dans un tube à essai pour les débarrasser de leur enveloppe muqueuse et faciliter ainsi les mouvements des spermatozoïdes étrangers.

Mais si, après que le mélange a été fait depuis 1 heure ou 1 heure 15 minutes, on prélève une portion des œufs et qu'on y ajoute du sperme d'Oursin, les spermatozoïdes d'Oursin se précipitent en masse sur les œufs; l'un d'entre eux (très rarement deux) y entre, forme son aster; tous les phénomènes morphologiques de la fécondation et de l'établissement de la première mitose de segmentation apparaissent dans les délais

(1) Au moment où nous terminons cette Note, on nous avise qu'il est arrivé à Paris, où elles ont été entreposées dans le frigorifique de la Bourse du Commerce, 5000^{kg} environ de Langoustes du Cap (*Jasus Lalandei* M. Edw.) en chambre froide et après cuisson. Celles qui avaient été bien cuites et bien emballées sont parfaitement arrivées. Un autre arrivage est attendu prochainement.

(2) Présentée dans la séance du 6 octobre 1913.

absolument normaux et sans anomalie, *seulement la membrane de fécondation ne se soulève sur aucun œuf.*

L'action suffisamment prolongée du sperme de *Sabellaria* a donc complètement inhibé le pouvoir qu'a l'œuf d'Oursin de former sa membrane de fécondation quand il est pénétré par un spermatozoïde de son espèce, mais elle se borne là.

Les œufs inhibés se segmentent pour la plupart régulièrement en 2, puis en 4, 16, 32, suivant le rythme habituel et avec une régularité parfaite, malgré l'absence totale et persistante de membrane de fécondation. Je reviendrai ultérieurement sur l'évolution ultérieure des blastulas; auparavant, je compléterai par quelques remarques l'exposé général qui vient d'être fait.

1° Pour inhiber le pouvoir membranogène de l'œuf d'Oursin, il est inutile que le sperme d'Hermelle soit très concentré, mais il faut un temps d'action de 1 heure au moins; un contact de 4, 5 et 6 heures n'a d'autre effet que de préciser les résultats. L'inhibition est totale et complète, c'est-à-dire qu'elle porte sans exception sur tous les œufs de la culture, mais elle n'altère, en aucun d'entre eux, le pouvoir d'être pénétré par un spermatozoïde et de se segmenter sans retard ni anomalie.

2° L'enlèvement mécanique de la gangue muqueuse de l'œuf avant la mise au contact du sperme de *Sabellaria* ne change rien aux résultats de l'expérience; cette gangue doit donc être mise hors de cause.

3° Des œufs d'Oursin, laissés en rapport avec le sperme de *Sabellaria* pendant le temps voulu, peuvent être lavés abondamment et débarrassés de tout spermatozoïde étranger : l'inhibition de la formation de la membrane reste complète et l'aptitude à la fécondation par du sperme normal se maintient parfaite. La modification a donc porté sur l'œuf lui-même.

II. Pendant la segmentation, les œufs inhibés ne diffèrent des œufs normaux que par l'absence de membrane de fécondation et, comme conséquence, par un aspect plus mûriforme de leur surface. Mais à partir du stade blastula leur développement devient anormal : la blastula n'augmente pas de volume, la cavité de segmentation reste petite et se remplit d'un mésenchyme primaire compact dans lequel l'invagination gastruléenne trouve difficilement place. La plupart des larves reposent sur le fond du vase et meurent dans cet état. Parfois cependant, un squelette rudimentaire apparaît dans le mésenchyme; un vague pluteus tout rabougri peut même s'ébaucher, mais il ne tarde pas à mourir.

Ces faits sont intéressants, parce qu'ils font saisir le rôle de la membrane de fécondation et précisent le moment où sa présence devient nécessaire.

Un rappel de quelques détails du développement normal aidera à le comprendre. L'œuf vierge de *Paracentrotus lividus* est entouré d'une sorte de cuticule à double contour, finement striée radiairement. Au moment de la fécondation, cette cuticule se dédouble en la membrane de fécondation, mince, fortement distendue, et une membrane vitelline qui reste appliquée sur l'œuf; le large espace compris entre les deux est occupé par un liquide périvitellin provenant de l'eau de mer.

Pendant la segmentation, la membrane vitelline reste collée aux blastomères, mais dans la suite le liquide périvitellin filtre dans la cavité de segmentation et la distend;

la membrane vitelline s'efface, la paroi de la blastula s'accole à la membrane de fécondation, celle-ci se rompt et la larve éclot. Les relations nouvelles qu'elle affecte alors avec son milieu assurent l'équilibre osmotique nécessaire à l'achèvement du développement.

On comprend dès lors l'évolution anormale des œufs traités par le sperme de *Sabellaria*. Les blastulas qui en proviennent sont privées de l'apport du liquide périvitellin et, en outre, elles n'éclosent pas; la cuticule qui les enserre constitue une enveloppe imperméable, ou presque. De là l'aspect compact des larves et l'incapacité d'aboutir à un développemeut normal. En voici d'ailleurs la preuve expérimentale : l'évolution des œufs inhibés par le sperme d'Hermelle change complètement si, au cours de la segmentation, et de préférence au stade à 32 blastomères, on secoue fortement les œufs dans un tube à essai; il se forme alors dans les cultures de nombreux pluteus parfaitement conformés et normaux.

Le secouage a produit des déchirures dans la cuticule d'enveloppe et provoqué une sorte d'éclosion artificielle; l'observation directe montre même que les déchirures sont dues, en général, au détachement, sous l'influence des secousses, d'un ou deux blastomères.

Cette expérience prouve que la membrane de fécondation a pour rôle exclusif de régler, aux divers stades, les relations de l'œuf avec le milieu extérieur; elle démontre encore que la formation de cette membrane n'est pas liée à un acte chimique compliqué, se passant dans la profondeur de l'œuf et indispensable à l'accomplissement d'une ontogenèse complète.

III. Tels sont les faits et leurs conséquences immédiates. Sous leur apparence simple, ils sont fort complexes et j'en poursuivrai l'analyse sitôt que les circonstances me le permettront. On peut toutefois, dès maintenant, en tirer quelques conclusions objectives et établir des rapprochements intéressants.

a. On sait depuis longtemps que l'œuf d'Oursin peut être activé sans qu'il se forme de membrane de fécondation, mais il s'agit alors de parthénogenèse ou de fécondation par un sperme étranger, ou encore d'œufs altérés d'une façon quelconque. Dans tous les cas, le développement marche mal dès le début ou ne se fait pas du tout, et la polyspermie est fréquente.

Mes expériences sont d'un tout autre ordre : j'ai obtenu un arrêt spécifique de l'un des résultats de la fécondation normale, alors que les autres ne sont aucunement troublés. En effet, malgré l'inhibition de la formation de la membrane, les œufs traités par le sperme d'Hermelle sont fécondés et se segmentent sans présenter le moindre retard sur les témoins. Leur chimisme est donc intact, aucun phénomène régulateur n'intervient et la formation de la membrane n'est pas, comme le veut Loeb, un acte essentiel dans la fécondation; je serais fort tenté de dire avec Delage que, dans

une théorie générale, elle doit occuper le simple rang d'un épiphénomène qui n'a rien de fondamental en soi.

b. Il est très généralement admis que c'est la membrane de fécondation qui préserve l'œuf de la polyspermie; cela n'est pas exact, car, dans mes expériences, la dispermie a été très rare et la polyspermie tout à fait exceptionnelle. Ce fait confirme des idées que j'ai émises sur ce sujet à la suite de mes recherches sur la polyspermie expérimentale dans les Amphibiens.

c. Godlewski et Herlant ont montré que le mélange de sperme de divers Annélides et Mollusques avec du sperme d'Oursin perd, au bout de quelques minutes, le pouvoir de féconder les œufs d'Oursin. Malgré une analogie évidente entre ces faits et ceux que je viens de décrire, ils ont, en tant que méthode, une valeur très différente. Le phénomène de Godlewski-Herlant supprime toute fécondation, tandis que la propriété que possède le sperme de *Sabellaria* de la dissocier en deux éléments devient, de ce fait, un précieux moyen d'analyse.

Cependant la comparaison entre les observations de Godlewski-Herlant et les miennes permet de dégager quelques indications fructueuses. Au contact du sperme de *Chætopterus*, de Dentale ou de Patelle, les œufs d'Oursin forment leur membrane de fécondation; rien de semblable avec le sperme de *Sabellaria*. Le sperme de *Chætopterus*, de Dentale ou de Patelle, mélangé au sperme d'Oursin, en annihile toutes les propriétés fécondantes, en perdant en outre celle qu'il possédait lui-même. Or, j'ai mélangé du sperme de *Sabellaria* à du sperme d'Oursin: même après 3 heures de mélange, ce dernier n'était aucunement altéré.

On voit ainsi la variété des actions spécifiques que ces méthodes mettent en évidence. Elles ouvrent la voie à des combinaisons expérimentales variées, analogues à celles qui ont fait faire à la sérologie de si remarquables progrès. Il y a là un champ très vaste ouvert aux chercheurs.

PARASITOLOGIE. — *Coccobacilles parasites d'Insectes.*
Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

Les bactéries entomophytes et, en particulier, leur utilisation dans la lutte contre les Insectes nuisibles, n'ont attiré l'attention que depuis peu d'années. En 1893 (1), Krassilstschick signalait, dans le midi de la Russie, deux maladies bactériennes des

(1) Krassilstschick, *Mémoires de la Société zoologique de France*, 1893.

Vers blancs, et donnait quelques indications intéressantes sur la contamination des individus sains. En 1911-1912 ([1]), D'Herelle isolait, des Criquets d'Amérique, un coccobacille déterminant la mort rapide des individus sains par inoculation et par ingestion. Chatton ([2]), en 1912, isolait deux autres coccobacilles : l'un du Hanneton commun (*Bacillus melolonthæ*), l'autre du Ver à soie (*B. bombycis*). La même année, le Dr Pinoy cultivait un pneumocoque du Ver à soie très virulent par inoculation pour un certain nombre d'Insectes. Il y a quelques mois seulement, Picard et Blanc ([3]) étudiaient une épidémie assez meurtrière qui sévissait parmi les Chenilles d'*Arctia caja* et isolaient de ces Chenilles un coccobacille analogue à ceux de Chatton et d'Hérelle. Enfin, tout récemment ([3]), ces mêmes auteurs trouvaient un autre coccobacille (*B. Lymantriæ*) sur les chenilles de *Lymantria dispar*.

De mon côté, en mai dernier, j'ai pu constater l'existence d'une petite épidémie naturelle parmi des Chenilles de *Gortyna ochracea*, parasites de l'Artichaut, et provenant du département du Var. Extérieurement, les Chenilles malades se distinguaient à peine des Chenilles saines, mais, à la dernière période de la maladie, les mouvements du corps s'atténuaient rapidement; bientôt, les pattes thoraciques seules remuaient et l'animal ne répondait plus que faiblement aux excitations de la pince ou de l'aiguille. Après la mort, il y avait fonte rapide de tous les tissus et formation d'une bouillie noirâtre.

Le sang des Chenilles malades offre l'aspect trouble laiteux caractéristique des humeurs infestées par un microbe. A l'examen microscopique, il se montre chargé d'une infinité de coccobacilles mobiles souvent accouplés deux par deux, les uns en forme de coccus, les autres en formes de petits bâtonnets. En frottis coloré rapidement à la thyonine phéniquée, puis différencié par l'alcool absolu, ces coccobacilles présentent une zone claire centrale, et, aux deux extrémités, une zone teintée en bleu violet. Ils ne prennent pas le Gram et se colorent bien par les différentes couleurs d'aniline.

Ensemencés en bouillon, ils donnent en 18 à 20 heures, à la température du laboratoire (20° à 22°), un trouble uniforme; il n'y a pas formation de voile, mais production d'un anneau contre les parois du tube; au bout de 48 heures, on observe un léger dépôt, mais sans clarification du milieu sur gélose nutritive inclinée; il y a formation de colonies rondes, blanchâtres et translucides.

([1]) D'Hérelle, *Comptes rendus*, 22 mai 1911 et 26 février 1912.
([2]) Chatton, *Comptes rendus*, 2 juin 1913.
([3]) Picard et Blanc, *Comptes rendus* du 28 avril et du 7 juillet 1913.

Sur pomme de terre, le coccobacille pousse bien et donne une culture crémeuse abondante.

En piqûre sur gélatine, il y a formation de petites colonies tout le long de la piqûre et d'une grande colonie qui s'étale à la surface; la gélatine n'est pas liquéfiée.

Le coccobacille des Chenilles de *Gortyna* entraîne la mort de l'hôte par septicémie; sur coupes colorées à la thyonine ou au Giemsa, on observe que tous les tissus renferment des amas plus ou moins considérables de microbes : finalement, le sang se charge de coccobacilles et l'animal meurt.

Dans les tissus de quelques Chenilles d'apparence saine, j'ai pu déceler la présence de rares coccobacilles paraissant végéter plutôt que se multiplier. Il serait possible qu'un certain nombre de Chenilles fussent réfractaires à l'infection; à l'appui de cette hypothèse, on peut citer le fait que l'inoculation à des individus sains de liquide sanguin chargé de microbes ne réussit pas à provoquer l'infection dans la totalité des cas, alors que la même inoculation, faite à des Chenilles d'espèce différente, comme celles de *Lymantria dispar* par exemple, ne donne lieu à aucune exception.

L'ensemencement de tubes de gélose avec le sang contaminé de Chenilles de *Gortyna* a permis à M. Truche, de l'Institut Pasteur, de mettre en évidence un pneumocoque très voisin de celui du Ver à soie, mais non virulent pour cette espèce. Ce pneumocoque disséminé parmi les coccobacilles, mais jamais très abondant, donne sur gélose de petites colonies rondes, translucides, de la grosseur d'une tête d'épingle; celui du Ver à soie donne aussi de petites colonies, mais celles-ci sont blanches.

Les observations qui ont été faites récemment, et que j'ai relatées ci-dessus, tendent à faire admettre que les coccobacilles sont des formes parasites très fréquentes chez les Insectes. C'est ainsi encore qu'en examinant au microscope le sang et les tissus de quelques Chenilles de *Pyrameis* (*Vanessa*) *cardui* parasites des feuilles de l'Artichaut, j'ai pu isoler deux coccobacilles différents : l'un donnant sur gélose des colonies arrondies, blanchâtres et gluantes, l'autre, des colonies devenant jaunâtres en vieillissant. De plus, ce dernier donne en bouillon un voile assez épais.

Il est difficile, dans l'état de nos connaissances, de savoir si les coccobacilles entomophytes qui ont été mentionnés jusqu'ici sont des espèces différentes ou simplement des variétés d'une seule espèce. On peut même se demander s'ils ne proviennent pas d'une ou de quelques espèces saprophytes très répandues dans la nature et susceptibles d'une adaptation facile à la vie parasitaire. Sur ce point, le champ des hypothèses est vaste; mais

nos connaissances sont encore trop insuffisantes pour qu'il soit permis d'avancer des conclusions certaines.

Suivant la méthode des auteurs précités, je séparerai des autres coccobacilles ceux de *Gortyna* et *Pyrameis* et, pour en rappeler l'origine, les nommerai respectivement *Bacillus gortynæ*, *B. pyrameis I*, et *B. pyrameis II*.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la structure de la couronne des molaires d'éléphant.* Note de M. **Sabba Stefanescu.**

La couronne d'une molaire d'éléphant présente une face de trituration libre et une face radicale, par laquelle elle reste attachée à la racine.

G. Cuvier (¹), et après lui Owen (²), Falconer (³), Pohlig (⁴) et d'autres savants ont étudié la couronne des molaires d'éléphant, mais les connaissances que nous possédons sur ce sujet sont incomplètes.

J'ai étudié la couronne de plusieurs molaires d'éléphant recueillies dans les couches tertiaires et quaternaires de Roumanie, et les résultats de mes recherches sont les suivants :

I. On sait que la couronne d'une molaire d'éléphant est composée de lames transversales alternant avec des vallées parallèles. Les parois de ces lames et vallées sont d'*émail;* les lames sont remplies de *dentine* et les vallées sont remplies de *cément*.

On sait aussi que les lames s'amincissent vers la face de trituration et s'épaississent graduellement vers la face radicale de la couronne; les vallées, inversement, s'élargissent vers la face de trituration et s'étrécissent vers la face radicale.

Depuis Cuvier, tous les paléontologistes ont admis que les vallées sont également profondes dans toute leur étendue, *ce qui n'est pas exact.*

Les vallées ont leur milieu moins profond que leurs parties externe et interne:

(¹) *Recherches sur les ossements fossiles*, 1821.
(²) *Odontography*, 1840-1845.
(³) *Palæontological Memoirs and Notes*, 1868.
(⁴) *Dentition und Kranologie das Elephas antiquus Falconer*, 1888.

Le milieu du fond de chaque vallée est occupé par un mur qui relie, jusqu'à une certaine hauteur, les parois antérieure et postérieure.

Cette particularité, bien que variable, caractérise la couronne des molaires de toutes les espèces d'éléphants fossiles européennes, telles que : *Elephas primigenius* Blumenbach, *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas antiquus* Falconer, *Elephas trogontherii* Pohlig. Je ne doute point qu'elle caractérise la couronne des molaires de toutes les espèces d'éléphants, fossiles ou vivants.

II. A ma connaissance, la face radicale de la couronne des molaires d'éléphant n'a pas été figurée ni décrite par personne.

Après l'avoir détachée de la racine et mise à découvert, j'ai été surpris de constater que cette face présente une série de crêtes d'émail bilobées, transversales et parallèles, en alternance avec des espaces remplis de dentine.

Les crêtes correspondent aux fonds des vallées de la couronne, tandis que les espaces qui les séparent correspondent aux bases des lames.

Les deux lobes de chaque crête sont séparés par une échancrure située au milieu de la crête.

Puisque la crête correspond au fond d'une vallée de la couronne, l'échancrure qui la divise en deux lobes correspond au mur qui divise le fond de la même vallée en deux moitiés.

GÉOLOGIE. — *Sur les brèches du* Complexe marmoréen *ariégeois; conséquences qu'on peut en tirer au sujet de l'âge et de la localisation de la lherzolite.* Note de M. **Michel Longchambon**, présentée par M. Pierre Termier.

Les phénomènes de contact de la lherzolite des Pyrénées sont bien connus des géologues depuis les travaux de M. Lacroix ([1]). En ce qui concerne la détermination de l'âge et des conditions de gisement de cette roche, il subsiste pourtant une cause d'incertitude que M. Lacroix a mise en lumière dans une Note postérieure ([2]) à son Mémoire fondamental.

([1]) Lacroix, *Les phénomènes de contact de la lherzolite et de quelques ophites des Pyrénées* (*Bull. Carte géol. Fr.*, t. VI, 1894, p. 306-446, 3 pl., 23 fig.).

([2]) Lacroix, *Sur l'origine des brèches calcaires secondaires de l'Ariège; conséquences à en tirer au point de vue de l'âge de la lherzolite* (*Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 396).

L'étude détaillée des terrains secondaires métamorphiques, dans lesquels se trouvent localisés les gisements de lherzolite, m'a conduit à faire, récemment, quelques remarques nouvelles, susceptibles de préciser un peu le problème.

Dans la masse considérable de marbres, qui constitue le *Complexe marmoréen* ariégois, j'ai pu reconnaître toutes les formations secondaires du géosynclinal nord-pyrénéen et établir la série suivante :

1. Marnes albiennes, souvent entièrement silicatées.

2. Calcaires aptiens.

3. Brèche de base de l'Urgo-aptien, formée de fragments de calcaires et de dolomies jurassiques réunis par un ciment calcaire.

4. Dolomies bajociennes et bathoniennes blanches, très cristallines, en bancs bien lités et se débitant facilement en plaquettes.

5. Marnes et schistes noirs du Lias, en général fortement pyriteux et souvent fossilifères.

6. Brèche de base du Lias, à fragments de calcaires, marnes et schistes primaires, réunis par un ciment dolomitique ; elle passe parfois à des calcaires dolomitiques.

La brèche de base de l'Urgo-aptien n'est autre chose que la brèche-limite étudiée par MM. Depéret et Mengel [1] dans les chaînons orientaux des Pyrénées. On sait que dans cette région, elle a servi à ces géologues de critérium de la limite entre les dolomies bathoniennes et les calcaires aptiens. J'ai pu la suivre à l'Ouest, jusqu'à la vallée d'Aspe où elle disparaît, en même temps que la lacune entre le Jurassique et le Crétacé devient beaucoup plus faible.

On conçoit que l'étude de la composition de la brèche-limite dans le voisinage des pointements de lherzolite présente un très grand intérêt, au point de vue de la détermination de l'époque de sa mise en place. M. Lacroix, après un long examen des brèches de la région de l'étang de Lherz, montrait, en 1894, qu'elles renferment des fragments de lherzolite et qu'elles ont une origine clastique et sédimentaire. Comme, d'autre part, M. Lacroix n'avait pas encore observé de minéraux de métamorphisme dans le Crétacé, il pouvait écrire :

« L'intrusion de la lherzolite de l'Ariège est postérieure au Lias que cette roche a profondément métamorphisé; elle est antérieure à la base de la brèche du Jurassique supérieur » (notre brèche-limite urgo-aptienne) (*loc. cit.*, p. 20).

Mais, en 1900, après un nouvel examen des brèches de la forêt de Freychinède, M. Lacroix était conduit à leur donner non plus une origine sédimentaire, mais une origine dynamique, due à des mouvements orogéniques. En même temps, il montrait que l'action métamorphisante, corrélative de la mise en place de la lherzolite, a atteint non seulement les assises liasiques, mais même les calcaires aptiens et les marnes albiennes. L'âge des lherzolites devenait par suite beaucoup plus incertain :

---

[1] Ch. Depéret et O. Mengel, *Sur la limite du Jurassique et du Crétacé dans la région orientale des Pyrénées et sur l'existence de deux époques distinctes de formation des calcaires à couzeranite* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 1220).

« Leur mise en place est postérieure à l'Albien, elles ne sont parvenues au jour, mais constituent des masses intrusives, sortes de laccolites, qui ne sont visibles que là où l'érosion les a en partie décapées et dégagées du manteau de calcaires post-liasiques qui les recouvrait » (*loc. cit.*, p. 398).

La certitude que j'avais acquise, de l'existence d'une brèche-limite sédimentaire, m'a conduit à étudier à nouveau la région des lherzolites, comprise entre Aulus et Vicdessos. Cette étude, en partie achevée, m'a montré l'existence de deux sortes de brèches : l'une est la brèche-limite ordinaire, l'autre est une brèche de friction. La bande calcaire, dans la région du port de Massat, ne présente pas moins de trois écailles imbriquées, séparées par des brèches contenant des fragments de toutes les roches avoisinantes. Or les morceaux de lherzolite n'existent que dans ces brèches de friction, localisées elles-mêmes dans la région comprise entre la forêt de Freychinède et l'étang de Lherz, alors que la brèche-limite, sans fragment lherzolitique, se trouve d'une façon constante au toit des masses de lherzolite (région de Prades, du Pic de Gérale et au voisinage immédiat de Vicdessos).

Ainsi :

1. *La lherzolite est moulée par la brèche-limite, comme si cette brèche était postérieure à la mise en place de la roche.*

2. *Néanmoins, les assises crétacées ont été influencées pendant la mise en place de la lherzolite (développement de dipyre), et, d'ailleurs, la brèche-limite n'en renferme pas de fragments.*

La lherzolite s'est donc constituée postérieurement au dépôt de l'Albien, sans qu'elle ait toutefois dépassé la brèche-limite.

Il me paraît tout à fait extraordinaire que l'ascension d'une roche intrusive se soit ainsi rigoureusement arrêtée à un niveau stratigraphique en des points aussi variés. En outre, la bande marmoréenne de Vicdessos à Aulus n'est qu'un faible témoin de l'ancienne couverture sédimentaire du massif des Trois-Seigneurs. Cette partie de la couverture aurait dû recevoir, elle aussi, des intrusions de lherzolite, car j'imagine mal que ce magma se soit localisé dans les seuls témoins secondaires actuellement visibles. Or le substratum granitique et gneissique qui arrive à toucher la lherzolite à Freychinède et aux Roujos n'a pas gardé la moindre trace de la montée d'un magma péridotique. La lherzolite est partie avec les formations secondaires et ses gisements actuels s'abritent sous la couverture crétacée. Enfin, dans les points où l'érosion est suffisante pour que, en

s'éloignant de la lherzolite, on ne retombe pas de suite sur sa couverture crétacée, on trouve constamment les dolomies jurassiques : tout se passe comme si la lherzolite remplaçait stratigraphiquement les dolomies secondaires.

Ces faits nouveaux me semblent corroborer l'hypothèse (¹) que j'ai émise en 1911, d'une origine superficielle des lherzolites pyrénéennes par rapport à la masse granitique sous-jacente. Elles seraient le résultat d'une réaction chimique fort simple dans laquelle le granite aurait fourni des agents minéralisateurs et la dolomie sa chaux et sa magnésie. Cette opération se serait produite tout à fait à la fin du comblement du géosynclinal nord-pyrénéen.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur la Commémoration de Roger Bacon en 1914.* Note (²) de M. **François Picavet**, transmise par M. d'Arsonval.

Je voudrais appeler l'attention de l'Académie sur la Commémoration que l'Angleterre doit faire de Roger Bacon en 1914 et surtout sur la fondation d'une Société qui entreprendra la publication complète et critique de toutes les œuvres de Roger Bacon, même des ébauches et des fragments.

Depuis 20 ans, j'ai poursuivi par mes recherches et par mon enseignement la connaissance de l'œuvre d'un des penseurs les plus remarquables de l'Angleterre et de l'Europe médiévale (³). Toute publication d'Ouvrages inédits, même fragmentaires pendant cette période, l'a rendue plus précise et plus ample. De bonne heure j'ai donc souhaité et demandé une édition complète (⁴). Les arguments que j'ai fait valoir ont convaincu, ce semble, le Comité, qui pensait d'abord uniquement à élever une statue à Roger Bacon. Ce Comité a nommé une Commission éditoriale de trois membres, auxquels on m'a adjoint comme membre correspondant étranger.

(¹) Michel Longchambon, *Contribution à l'étude du métamorphisme des terrains secondaires dans les Pyrénées orientales et ariégeoises* (*Bull. Carte géol. Fr.*, n° 131, 1910-1911).

(²) Transmise dans la séance du 6 octobre 1913.

(³) *Essais sur l'histoire générale et comparée des théologies et des philosophies médiévales* (Paris, Alcan 1913), Chap. I et II.

(⁴) *Journal des Savants*, juillet 1905, septembre et octobre 1912; *Essais*, Chap. X.

C'est en cette qualité que je crois devoir signaler au monde savant l'intérêt de la future publication.

Par ses travaux sur les diverses sciences et par sa conception de la méthode scientifique, Roger Bacon relève de l'Académie des Sciences et de la plupart de ses sections.

Avant Descartes, il a cherché à appliquer les Mathématiques à la Physique « pour en tirer l'explication de toutes choses ». Son optique est supérieure à celle de Witelo dont Képler commenta les écrits avant de se livrer à ses recherches originales. Deux parties de l'*Opus majus*, publiées en 1614 par Combach, furent utilisées par les contemporains avec les travaux de Scheiner et de Képler. Roger Bacon est rappelé quand Descartes traite de la Dioptrique et des moyens de prolonger la vie humaine. Ses recherches sur la multiplication des espèces ont été rapprochées des travaux modernes sur la propagation des forces. Son alchimie et celle de ses contemporains, étudiées par Berthelot, ont montré que la Chimie était en fort bonne voie vers la fin du XIIIe siècle. Ses idées sur la réforme du calendrier n'ont été réalisées qu'en 1582. Les pages que Pierre d'Ailly a reproduites textuellement sans le citer n'ont pas été sans influence sur la découverte de l'Amérique.

Roger Bacon a l'imagination puissante qui trouve, comme disait Claude Bernard, les idées directrices par lesquelles s'augmentent les connaissances scientifiques et se multiplient les applications pratiques d'une grande portée. De là viennent ces inventions, dont la plupart ne furent qu'entrevues ou imaginées : la poudre à canon pour l'attaque et la défense des forteresses; les instruments pour naviguer sans rameurs et faire voguer les plus grands vaisseaux avec un seul homme pour les conduire plus vite que s'ils étaient pleins de matelots; les voitures qui rouleraient avec une vitesse inimaginable, sans aucun attelage; des instruments pour voler, au milieu desquels l'homme assis ferait mouvoir quelque ressort qui mettrait en branle des ailes artificielles, battant l'air comme celles des oiseaux; d'autres, pour nager et rester sous l'eau; des ponts sur les fleuves, sans colonnes et sans piles; le pouvoir grossissant d'une surface réfringente, qui conduira à la découverte du microscope; l'utilisation des phénomènes de la réfraction pour grossir les objets, d'où viendra le télescope; les miroirs comburants qui reproduisent, bien avant Buffon, les fameuses inventions d'Archimède.

Cuvier et Pouchet, Humboldt, Jourdan et Hoefer ont bien vu que Roger Bacon a cru au pouvoir de la nature, au pouvoir de l'homme, auquel il joint l'action toute puissante de Dieu; ils ont bien vu qu'il avait une

confiance illimitée dans l'observation et dans l'expérience. La méthode expérimentale s'étend pour lui de l'observation proprement dite, la soumission patiente et perspicace à la nature, jusqu'à l'expérience qui la met à la question pour mieux lui arracher son secret, pour connaître la raison et la cause. C'est la maîtresse des sciences avec les sens extérieurs, les instruments qui en augmentent la puissance en Optique, en Astronomie, peut-être même en Médecine, avec l'autorité ou plutôt le témoignage; avec le raisonnement par analogie, employé pour expliquer l'arc-en-ciel ou chercher les moyens de prolonger la vie humaine; avec le travail de collaborateurs multiples pour la préparation des Tables astronomiques et pour l'observation constante de la nature, comme pour le dépouillement des ouvrages latins et grecs, hébreux, chaldéens et arabes, dans lesquels a été consignée la sagesse divine et humaine. Mais l'autorité et le raisonnement ne valent, pour Roger Bacon, qu'en fonction de l'expérience. C'est elle qui doit prononcer en dernier ressort sur les affirmations des anciens comme sur nos propres conceptions.

Ainsi Roger Bacon se distingue profondément des plus grands de ses contemporains, Albert le Grand, saint Thomas d'Aquin, Vincent de Beauvais, qui rassemblent les connaissances acquises par les Grecs, les Arabes et les Juifs, ou qui en font la synthèse d'un point de vue chrétien. Roger Bacon veut, par l'observation et l'expérience, en vérifier la valeur et les augmenter de jour en jour, car il croit, comme Sénèque, au progrès du savoir humain. « Nos descendants s'étonneront un jour de notre aveuglement et le vulgaire saura ce que nous ignorons. » Roger Bacon a donc entre les mains l'instrument qui a rendu possibles toutes les conquêtes de la science moderne.

Comme les modernes encore, il veut qu'on tire, des sciences de la nature et de l'homme, des applications pratiques pour la médecine et pour l'astronomie, pour l'agriculture, l'industrie et le commerce, pour l'éducation, la morale et la politique. En plus, il demande que les exégètes et les théologiens les étudient pour maintenir le développement parallèle de la science, de la religion et de la théologie.

Que la publication complète des œuvres fournisse des indications nouvelles, un exemple suffit à le montrer. Les œuvres éditées disent que maître Pierre a dépensé 100 livres et plusieurs années de travail pour achever le premier miroir comburant; un manuscrit inédit nous apprend que Roger Bacon en a fabriqué lui-même : « Le premier, dit-il, m'a coûté 60 livres de Paris; puis, instruit par l'expérience, j'ai découvert

qu'on pouvait arriver à faire mieux, en dépensant 10 livres, même 2 marks, 20 sous ou moins encore ». Sans compter qu'on verra plus clairement ce qui lui appartient en propre, ce qui lui vient des Grecs, des Arabes et surtout de ce Pierre de Maricourt, dont il faudra bien retenir en France le nom, lorsque l'Angleterre aura rendu justice à celui qui l'appelle le *maître des expériences* et auquel il reconnaît devoir la meilleure partie de ce qu'il sait en matière scientifique.

M. Conadé adresse une Note intitulée : *Sur un parachute d'aviation.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 29 septembre 1913.

Henri Poincaré, par P. Appell. (Extr. du *Bulletin scientifique trimestriel;* 1913, n° 1.) Paris; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

La répartition des fortunes en France, par J. Séailles. Paris, Félix Alcan, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

La dynamique de la vie, par Stéphane Leduc; avec 10 figures dans le texte. Paris, A. Pointat, 1913; 1 fasc. in-8°.

Quelques anomalies climatologiques à Genève : hivers chauds; années très humides et très sèches, par R. Gautier. Genève, 1911; 1 fasc. in-8°.

Résumé météorologique de l'année 1911 *pour Genève et le Grand Saint-Bernard*, par R. Gautier. Genève, 1912; 1 fasc. in-8°.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant l'année 1911, par R. Gautier et H. Duaime. Genève, 1913; 1 fasc. in-8°.

Rapport sur le concours de réglage de chronomètres de l'année 1912, par R. Gautier. Genève, 1913; 1 fasc. in-8°.

Matter in its electrically explosive state, by Francis-E. Nipher. (Extr. des *Proceedings of the American philosophical Society*, 1913.) 1 fasc. in-8°.

Memoirs of the British astronomical Association; appendix to vols. XV and XVIII. Londres, 1913; 1 étui in-8°.

Archivo de Anatomia e de Anthropologia, publicado sob a direçao do prof. H. Vilhena; n° 1, 1912. Lisbonne, 1913; 1 vol. in-8°.

Proceedings of the Academy of natural Sciences of Philadelphia; t. LXV, part I, january, february, march 1913. Philadelphie, 1913; 1 vol. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 octobre 1913.

Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, publiés par MM. les Secrétaires perpétuels; t. 154, janvier-juin 1912. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-4°.

Institut de France. Académie des Sciences. *Procès-verbaux des Séances de l'Académie tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, publiés

par MM. les SECRÉTAIRES PERPÉTUELS; t. IV, an 1808-1811. Hendaye (Basses-Pyrénées), imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1913; 1 vol. in-4°.

LEONHARDI EULERI *opera omnia*, sub auspiciis Societatis Scientiarum naturalium helveticæ, edenda curaverunt FERDINAND RUDIO, ADOLF KRAZER, PAUL STÄCKEL; série I. *Opera mathematica*. Volumen XXI : LEONHARDI EULERI *commentationes analyticæ ad theoriam integralium ellipticorum pertinentes*, edidit ADOLF KRAZER; Volumen posterius. Leipzig et Berlin, B.-G. Teubner, 1913; 1 vol. in-4°. (Acquis par voie de souscription.)

Letters and recollections of Alexander Agassiz, with a sketch of his life and work, edited by G.-R. AGASSIZ; with portraits and other illustrations. Londres, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. G.-R. Agassiz.)

Conservatoire national des Arts et Métiers. *Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines : Rapport sur le fonctionnement pendant l'année* 1912, par M. DOUANE. Laval, imp. Barnéoud et Cie, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Adressé par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.)

Études sur Léonard de Vinci, par PIERRE DUHEM, Correspondant de l'Institut; 3e série : *Les précurseurs parisiens de Galilée*. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°.

Leçons sur les fonctions de lignes, professées à la Sorbonne en 1912, par VITO VOLTERRA, recueillies et rédigées par JOSEPH PÉRÈS. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Ministère de l'Instruction publique. *Annales du Bureau central météorologique de France*, publiées par M. A. ANGOT; année 1911. II : *Observations*. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°.

La dépopulation de la France en 1913, par EUGÈNE FOURNIER. Paris, Vigot frères, 1913; 1 fasc. in-8°.

Recueil des Notices et Mémoires de la Société archéologique du département de Constantine; 5e série, t. III, année 1912. Constantine, imp. D. Braham; Alger, Jourdan; Paris, René Roger, 1913; 1 vol. in-8°.

Brief biography and popular account of the unparalleled discoveries of T.-J. See, by W.-L. WEBB. Lynn, Mass., 1913; 1 vol. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *L'Excursion* A 1 *du* XII[e] *Congrès géologique international : la région appalachienne du Canada.* Note de M. **Pierre Termier.**

Parmi les très nombreuses excursions au Canada qu'avait organisées le Comité directeur du XII[e] Congrès géologique international, deux s'annonçaient comme particulièrement importantes, comme devant offrir au voyageur le moyen de connaître, en quelques semaines, l'état présent de toute la géologie canadienne, et de se faire une idée exacte des problèmes non encore résolus : l'excursion A 1, dans la province de Québec et les Provinces Maritimes; l'excursion C 1, transcontinentale et prolongée jusqu'au Pacifique. J'ai eu la joie de prendre part à toutes les deux. La première a duré 18 jours, du 13 juillet au 1[er] août; la deuxième 23 jours, du 14 août au 6 septembre. Elles ont été favorisées par un temps admirable.

L'excursion A 1, conduite avec beaucoup de science et de dévouement par MM. G.-A. Young, P.-E. Raymond, J.-M. Clarke, W.-A. Bell, E.-R. Faribault, W.-H. Twenhofel, J.-E. Hyde, nous a promenés à travers la région de terrains primaires, les uns très plissés, les autres simplement ondulés ou même demeurés presque horizontaux, qui s'étend entre le fleuve Saint-Laurent et la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse. J'appelle ce pays *la région appalachienne du Canada :* car il est le prolongement, en territoire canadien, de la région primaire plissée, dite des Appalaches, qui joue un si grand rôle dans l'Est des États-Unis. La même bande

plissée s'en va, plus au nord, former Terre-Neuve; elle s'enfonce ensuite sous les eaux de l'Atlantique, et Marcel Bertrand croyait la voir, dans les profondeurs océaniques, se raccorder avec la bande plissée armoricaine. L'intérêt de l'excursion, à mes yeux, était double : stratigraphique et tectonique. Étudier, avec les meilleurs connaisseurs, toute une série primaire, presque complète et souvent riche en fossiles; discerner les plissements de cette série, les suivre et les dater, dans une bande plissée qui ne mesure guère moins de 600^{km} en largeur, et qu'il fallait parcourir, en longueur, sur plus de 500^{km} : c'était de quoi s'occuper, et même se passionner, pendant 18 jours.

La région appalachienne du Canada longe, en se serrant et se moulant contre lui, le bord sud-oriental de la Laurentia. On sait que la Laurentia (d'Eduard Suess), qu'on appelle encore le Bouclier canadien, est un immense domaine de la surface terrestre demeuré comme figé depuis les temps cambriens : toutes les couches que l'on y rencontre, et qui ne sont point antérieures au Cambrien, sont horizontales; elles peuvent être faillées et dénivelées, elles ne sont ni redressées, ni plissées. Cette Laurentia figée comprend la plus grande partie du Canada; au Sud, elle s'avance très loin dans les États-Unis. Elle va à l'Ouest jusqu'aux Montagnes Rocheuses, au Nord-Ouest jusqu'au Mackenzie, au Nord jusqu'aux montagnes récemment découvertes dans les Terres d'Ellesmere, de Grinnell et de Grant; au Nord-Est, elle se prolonge sous l'Atlantique; et l'ancien continent Nord-Atlantique, dont le Groenland et l'Islande ne sont que des débris, lui appartenait presque en entier. Québec est un point du bord sud-oriental de la Laurentia. Au nord-est de Québec, ce même bord coïncide avec la vallée du Saint-Laurent; il s'infléchit vers l'Est, puis vers le Sud-Est, le long du rivage de la Gaspésie, passant entre ce rivage et la côte sud de l'île d'Anticosti; sous les eaux du Golfe du Saint-Laurent, il contourne Anticosti et, reprenant la direction du Nord-Est, passe au détroit de Belle-Isle pour se perdre ensuite dans l'Atlantique. Au sud-ouest de Québec, le bord sud-oriental de la Laurentia traverse la vallée du Saint-Laurent, puis, prenant peu à peu la direction S.-S.-O. et même une direction presque S., s'en va coïncider avec la longue dépression du lac Champlain. Partout où l'on peut le voir, ce bord sud-oriental de la Laurentia est une grande faille. Entre les deux pays que sépare la faille, le contraste est frappant : contraste dans l'allure des terrains paléozoïques, ici parfaitement horizontaux; là plissés, contournés, parfois broyés; contraste dans le relief du sol, beaucoup plus accusé dans la Laurentia qui est un pays surélevé, formé d'ailleurs de roches dures, tandis que

le pays de Paléozoïque plissé est une contrée basse, profondément usée, aux formes molles.

Il y a peu de régions, à la surface de la Terre, où la géographie actuelle soit aussi intimement liée à une très vieille géologie, où les traits actuels du relief aient une aussi grande antiquité, que dans la région appalachienne du Canada. On a pu dire que, depuis le Cambrien, ou tout au moins depuis l'Ordovicien inférieur, le Saint-Laurent existe, presque à la même place à partir du lieu où se trouve aujourd'hui Québec : tantôt à l'état de chenal maritime, long et étroit, servant de fosse temporaire pour une active sédimentation marine, contournant Anticosti par le sud et passant par Belle-Isle; tantôt à l'état de vaste vallée fluviale, colligeant les eaux de l'immense continent américain et les portant à la mer, comme aujourd'hui, dans le voisinage du détroit de Cabot. Tout autour du Golfe du Saint-Laurent, le dessin des côtes est un vieux dessin, déterminé dans ses grandes lignes par des phénomènes antérieurs au Carbonifère. La péninsule de la Nouvelle-Écosse, de forme si curieuse, est un chaînon précarbonifère, jadis relié à Terre-Neuve, recouvert en partie par toute une série transgressive qui est elle-même demeurée presque horizontale, mais manifestant néanmoins l'allure précarbonifère dans l'alignement de ses collines et de ses côtes, dans les *rias* qui accidentent l'île entière du Cap-Breton. La Baie de Fundy n'a guère changé depuis les temps triasiques; et, aux temps triasiques, elle ressemblait beaucoup à ce qu'elle était dans les temps carbonifères. Il suffit de très peu d'imagination pour voir ce pays aux différentes époques du Paléozoïque, au Gothlandien, au Dévonien supérieur, au Westphalien, au Permien. En vérité, si quelque membre de notre humanité avait vécu dans ces temps prodigieusement reculés, à la fin du Dévonien, par exemple; s'il avait alors parcouru toute cette région appalachienne, déjà plissée et se préparant déjà pour la grande transgression carbonifère; et s'il revenait aujourd'hui, après des milliers de siècles de sommeil ou d'exil, dans la Gaspésie, le Nouveau-Brunswick ou la Nouvelle-Écosse, il ne s'y sentirait point étranger.

Les grands mouvements orogéniques, dans la région appalachienne du Canada, sont d'âge dévonien. Comme toujours, ils ont été lentement préparés par des mouvements préliminaires; et, après eux, pendant longtemps, le sol a continué de s'onduler. Mouvements préliminaires et ondulations posthumes ont eu, en grand, la même direction que le plissement principal. Les mouvements préliminaires les plus anciens remontent au Cambrien. C'est au Cambrien que l'histoire a cessé d'être la même pour la Laurentia et pour la région appalachienne.

L'âge du plissement principal n'a peut-être pas été partout exactement le même. Dans la Gaspésie et autour de la Baie des Chaleurs, où il y a deux séries dévoniennes très fossilifères, l'une du Dévonien inférieur, l'autre du Dévonien supérieur, et où la grande discordance se place entre ces deux séries, le plissement principal est daté d'une façon assez précise : il s'est fait dans le Dévonien moyen. Nulle part, il ne paraît avoir tardé jusqu'au Dinantien.

Ce plissement principal, d'âge dévonien, a été extrêmement énergique. Les plis sont souvent très serrés, avec tendance générale à un déversement, à un chevauchement vers le Nord-Ouest. C'est la poussée vers la Laurentia, signalée depuis longtemps. Peut-être a-t-elle été jusqu'à la formation de véritables nappes, qui auraient peu à peu disparu. Nous n'avons vu qu'un recouvrement indiscutable, celui de l'Ordovicien du Cap des Rosiers par le Dévonien inférieur du Cap Bon-Ami et de la Grande-Grève, à l'extrême pointe de la Gaspésie. La surface de charriage, malheureusement peu visible, plonge ici au S.-O., sous un angle d'environ 30°.

Très souvent, les plis sont droits et les couches verticales. Les phénomènes d'écrasement et de laminage ne m'ont paru ni très fréquents, ni très intenses. J'en ai vu pourtant de très beaux à la mine de fer de Bathurst, au sud de la Baie des Chaleurs : un microgranite laminé, prenant l'aspect de gneiss, et même l'aspect de phyllades luisants, gris ou vert clair, dans une bande d'Ordovicien plissé. Il y a des écrasements analogues, et bien plus fréquents, dans les terrains azoïques de la Nouvelle-Écosse, granites et diabases de la côte est du Bras-d'Or, phyllades aurifères et granites de la région d'Halifax; mais ces terrains sont probablement précambriens et leur plissement appartient à une époque beaucoup plus reculée que le plissement appalachien.

Les plis d'âge dévonien sont, d'une façon générale, dirigés du S.-O. au N.-E. Ce sont eux, comme je l'ai dit plus haut, qui déterminent l'allongement de la Nouvelle-Écosse et de l'île du Cap-Breton; eux aussi qui déterminent les *rias* de cette île et ceux de Terre-Neuve. Mais les plus occidentaux de ces plis, ceux qui sont tout contre le bord de la Laurentia, s'infléchissent, à partir de Sainte-Anne-des-Monts, parallèlement à la côte de la Gaspésie. A Gaspé et à Percé, ils sont orientés vers le S.-E. Il est clair que c'est là une sinuosité toute locale et que les mêmes plis, aujourd'hui cachés au fond du Golfe du Saint-Laurent, reprennent bientôt, entre Anticosti et les Magdalen-Islands, la direction du N.-E. Le manteau carbonifère du Nouveau-Brunswick empêche de voir le même mouvement sinueux dans les plis dévoniens de cette province. Il semble que l'on

retrouve une sinuosité analogue, mais très atténuée, sur la rive orientale de la Baie de Fundy, dans le long fjord (Minas Bay) qui la prolonge, et dans le pays qui s'étend entre Truro et Arisaig : elle serait alors manifestée par les ondulations posthumes beaucoup plus que par les plis dévoniens, à peu près invisibles. En tout cas, la région effondrée de l'ancienne chaîne dévonienne, qui est devenue le Golfe du Saint-Laurent, correspond à un resserrement très énergique du faisceau de plis; et il me semble voir, sous les eaux du golfe, tous les plis de la Gaspésie se serrer et s'écraser le long de la côte occidentale de Terre-Neuve.

Cette grande chaîne dévonienne, large d'au moins 600^{km} dans sa partie la plus large, large encore de 400^{km} dans le nord de Terre-Neuve, se continuait sans doute, vers le Nord-Est, bien au delà. Mais allait-elle, comme le voulait Marcel Bertrand, vers le sud de l'Angleterre et vers la Bretagne? Je ne le crois pas, maintenant que j'ai vu. La chaîne dévonienne du Canada est une chaîne *calédonienne tardive*, je veux dire par là un rameau de la grande chaîne du nord de l'Écosse constitué un peu plus tard que le rameau écossais. C'est avec les Highlands d'Écosse que les vieilles montagnes terre-neuviennes me paraissent se raccorder, à travers l'Atlantique.

Ici, comme là, sur les plis calédoniens partiellement arasés, s'étendent, transgressifs et riches en conglomérats grossiers, les Grès Rouges. Ceux du Canada sont un peu plus jeunes que ceux d'Écosse et leurs termes élevés sont d'âge dinantien. Ces Grès Rouges du Canada, datés, çà et là, par des Poissons ou des Plantes, sont souvent restés presque horizontaux. Les formations de Bonaventure, de Scaumenac, des Horton Bluffs, leur appartiennent. Les couches dites de Windsor (avec calcaires à Brachiopodes et nombreux amas de gypse) me paraissent être la partie haute, incontestablement dinantienne, du même complexe.

Après le dépôt de ce manteau de Grès Rouges, et sans doute vers la fin du Dinantien, nouveau mouvement, peu intense, déplaçant légèrement les rivages et produisant, çà et là, des lacunes et des discordances dans la sédimentation. Puis, dans une aire peu étendue de l'ancienne chaîne, aire correspondant à la région nord-est du Nouveau-Brunswick, à l'île du Prince-Édouard, à l'île du Cap-Breton et au nord-ouest de la Nouvelle-Écosse, le Westphalien se dépose, presque partout avec d'énormes épaisseurs. La base de ce Westphalien est souvent désignée sous le nom de *Riversdale and Union formation* et assimilée, d'une façon assez imprécise, au Millstone Grit; elle renferme beaucoup de couches rouges, grès ou schistes, et de nombreux schistes noirs à *Leaia* et à *Anthracomya;* ce seul groupe peut avoir plus de

3000^m de puissance. La partie haute est un Houiller productif, exploité très activement sur divers points (Stellarton, Pictou, Sydney, etc.), mesurant 600^m d'épaisseur à Sydney, plus de 2000^m à Joggins. Peut-être les couches les plus élevées de ce Houiller productif sont-elles stéphaniennes.

Nouveau mouvement encore, nouvelle discordance et nouvelle formation de conglomérats, à l'époque stéphanienne. Le conglomérat de New-Glascow est la base d'une série fort épaisse de sédiments grossiers, dont la partie haute est permienne, et qui forment aujourd'hui toute l'île du Prince-Édouard et presque tout l'isthme qui rattache la Nouvelle-Écosse au continent. Le Trias de la Baie de Fundy, qui s'avance au nord jusqu'à Truro, correspond à un épisode analogue, mais plus tardif et ayant affecté une région que la transgression permienne n'avait sans doute pas atteinte.

Trias et Permien sont demeurés à peu près horizontaux. Dans le vaste manteau carbonifère, dont l'épaisseur peut aller à près de 4000^m, il n'y a, en général, que des ondulations, ou encore des dénivellations par failles. Le Houiller de Sydney et de la Baie des Glaces s'enfonce doucement sous la mer, avec une faible pente et une régularité parfaite; et l'exploitation s'avance déjà hardiment sous les flots de l'Atlantique. Nulle part, nous n'avons vu le Carbonifère véritablement plissé. Il l'est cependant, sur quelques points, dans le sud du Nouveau-Brunswick et aussi à Pictou; mais ces plissements locaux ne sont intenses, paraît-il, que dans le Carbonifère le plus ancien.

Les analogies stratigraphiques entre le Carbonifère des Provinces Maritimes et celui de l'Angleterre et du nord de la France sont tout à fait remarquables. On les a d'ailleurs signalées depuis longtemps. Mais, tectoniquement parlant, il n'y a pas de liaison directe entre les Appalaches et la chaîne houillère européenne. Dans le Canada, la chaîne appalachienne est une chaîne d'âge dévonien moyen, donc une chaîne calédonienne; et les mouvements qui l'ont affectée, à diverses reprises, au Carbonifère, au Permien, peut-être encore au début du Trias, sont de très petits mouvements, qui ne méritent pas d'être appelés autrement que *mouvements posthumes*. Plus loin au Sud-Ouest, dans les États-Unis, ces mouvements posthumes sont peu à peu devenus plus intenses et ont réédifié une vraie chaîne, un vrai chaînon d'*Altaïdes américaines*, dans l'exact prolongement des *Calédonides canadiennes*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence, dans la paroi des vaisseaux, d'un ferment mettant en liberté un sucre réducteur, aux dépens du sucre virtuel du sang, et dédoublant la phlorizine.* Note de MM. **R. Lépine** et **Boulud**, présentée par M. Armand Gautier.

MM. Bourquelot, Bierry et Giaja, etc. ont fait connaître l'existence chez les mollusques d'un ferment dédoublant certains glycosides. MM. Moriggia et Ossi, L. Laveran et Millon, etc., ont observé ce dédoublement dans le tube digestif d'animaux supérieurs. MM. Gérard et Charlier ont trouvé que la pulpe de la substance corticale du rein de cheval dédoublait la salicine et la phlorizine; mais personne, à notre connaissance, n'a jusqu'ici émis l'idée qu'un ferment dédoublant les glycosides existât dans la paroi des vaisseaux. Or, c'est ce que prouvent nos recherches, faites sur le chien, animal dans les organes duquel on n'a pu jusqu'ici déceler de ferments semblables, lesquels, d'après MM. Gérard et Charlier, n'existeraient que chez certains herbivores.

Pour se placer dans de bonnes conditions, il ne faut pas prendre un chien neuf ([1]). Il convient que l'animal soit préparé par l'injection d'une petite dose d'une des nombreuses substances, toxiques ou autres, qui favorisent la mise en liberté du sucre virtuel, par exemple la phlorizine. Dès que la glycosurie est établie, on fait *simultanément* au moins trois prises de sang, chacune de 20^g environ. La première tombe dans un vase, pesé à l'avance, renfermant du nitrate acide de mercure, et les autres dans des ballons tarés immergés dans un bain-marie à 59°, renfermant une quantité connue d'eau. Celle-ci sera en quantité suffisante pour empêcher la coagulation du sang, et, en raison de sa température, mettra obstacle à la glycolyse.

Puis on saigne le chien à blanc et, aussitôt, on fait circuler lentement de l'eau salée à travers les vaisseaux pulmonaires, ou bien dans les vaisseaux du rein, ou bien dans ceux du membre postérieur. Une dizaine de centimètres cubes de cette eau de lavage est portée dans un des ballons qui sont maintenus à 58°. Au bout de 1 heure on fait tomber dans le nitrate

---

([1]) Nous avons déjà dit, dans notre Note du 13 janvier de cette année (p. 111), que chez un chien neuf il arrive souvent qu'on n'obtienne pas de sucre aux dépens du sucre virtuel du sang, même en soumettant ce dernier, à 58°, à l'action de l'invertine ou de l'émulsine.

acide de mercure le contenu des ballons. Un des ballons n'a reçu aucune addition. Il sert de témoin.

Voici les chiffres d'une expérience :

Chien 2950, très robuste, ayant servi il y a 3 jours à une expérience, et ayant, depuis, refusé la nourriture :

	Sucre pour 1000g de sang.
	g
Sang reçu immédiatement dans le nitrate acide Hg........	0,76
Sang maintenu à 58° (témoin)...........................	0,94
Sang additionné d'eau de lavage des vaisseaux du rein (1) .	1,42
Sang additionné de fibrine (1)...........................	1,38

Dans d'autres expériences nous avons eu, par rapport au témoin, une très notable augmentation de sucre dans le sang additionné d'eau de lavage des vaisseaux pulmonaires. — Si cette eau est bouillie, on n'a pas d'augmentation.

Un morceau de fibrine produisant le même résultat, on pourrait penser que le ferment contenu dans l'eau de lavage vient du sang. Mais cette hypothèse est contredite par le fait qu'un fragment d'aorte ou de jugulaire, immergé pendant 1 heure dans le sang à 58° (sans eau de lavage), donne un notable excès de sucre par rapport au témoin.

Si l'on immerge un fragment d'aorte dans de l'eau fluorée additionnée de phlorizine, ou si l'on ajoute un peu de ce glycoside à de l'eau de lavage du poumon, on constate au bout de quelques heures un dédoublement *partiel* de la phlorizine, qui se manifeste par la présence dans le liquide d'une petite quantité de sucre.

Les faits précédents, non seulement corroborent l'interprétation que nous avons donnée des expériences de notre dernière Note du 6 octobre, mais, de plus, font connaître une nouvelle fonction de la paroi vasculaire : on a cru jusqu'ici que le foie seul versait du sucre dans le sang. Or, après nos expériences, il paraît difficile de nier que le ferment vasculaire dédouble le sucre virtuel du sang.

Les expériences sur lesquelles est basée cette Note, ainsi que les précédentes, ont été faites dans le laboratoire de M. le Professeur Roque.

---

(1) Ce rein et ce fragment de fibrine provenaient d'un chien neuf, saigné à blanc.

M. **Gosselet** fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. **Pierre Termier**, du quatrième fascicule de son Mémoire sur *Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du nord de la France* (région de Valenciennes, 1 volume in-4°, 1 atlas de 7 planches).

PLIS CACHETÉS.

M. **Marcel Belin** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 19 novembre 1909 et inscrit sous le n° 7566.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme un Mémoire intitulé : *Culture du virus vaccinal*.

(Renvoi à l'examen de M. A. Laveran.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Un ingénieur et géomètre polytechnicien : Albert Ribaucour*, par M. Maurice d'Ocagne.

2° Département de l'Eure. *Rapport du Conseil départemental d'hygiène publique et de salubrité et des Commissions sanitaires*. Année 1912.

3° *L'âge des perdrix*. II : *La perdrix rouge*, par M. Louis Bureau. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications de la notion des fonctions d'une infinité de variables au calcul des variations*. Note de M. **Léon Lichtenstein**, présentée par M. Emile Picard.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 1913, p. 993-996), je me suis occupé du problème de développement d'une fonction arbitraire suivant les fonctions fondamentales de Sturm-Liouville. En me bornant pour le

moment à l'équation $\frac{d^2y}{dx^2} + \lambda k(x) y(x) = 0$ et aux conditions aux limites $y(0) = y(\pi) = 0$, j'ai obtenu quelques résultats qui, dans le cas de $k(x)$ continue *quelconque*, sont évidemment plus simples et plus étendus que les résultats fournis par les autres méthodes connus, particulièrement par la méthode de M. Stekloff. (Comparer la Note de M. Tamarkine, *Comptes rendus*, 1913, p. 1589-1591.) En me réservant le développement de ma méthode pour des travaux ultérieurs, je me permets de signaler ici une application nouvelle de la notion des fonctions d'une infinité de variables qui joue déjà un rôle fondamental dans ma Note citée plus haut.

Soit T un domaine borné, limité par des courbes fermées analytiques $S_1, \ldots, S_m$, dont la totalité sera désignée par S. Soit $P(x, y, u)$ une fonction réelle, continue avec ses dérivées de deux premiers ordres et satisfaisant aux inégalités

$$(1) \quad \begin{cases} P(x,y,u) > 0, \quad \left|\frac{\partial}{\partial u} P(x,y,u)\right| < A, \quad \left|\frac{\partial^2}{\partial u^2} P(x,y,u)\right| < A \\ \qquad (A = \text{const. finie}), \end{cases}$$

pour (x, y) dans T et sur S et pour toutes les valeurs finies de u. *Proposons-nous de déterminer une fonction $u(x, y)$ continue avec ses dérivées de deux premiers ordres dans* T *et sur* S, *s'annulant sur* S *et telle que l'intégrale*

$$I = \iint_T \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + P(x, y, u)\right] dx\, dy,$$

soit minimum.

Soient d la limite inférieure des valeurs de I et $u_n(x, y)$ une suite minisante

$$(2) \quad \iint_T \left[\left(\frac{\partial u_n}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u_n}{\partial y}\right)^2 + P(x, y, u_n)\right] dx\, dy = d_n, \qquad \lim_{n=\infty} d_n = d.$$

Soient $w_i(x, y)$ $(i = 1, 2, \ldots)$ les fonctions fondamentales orthogonales et normées de l'équation $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \lambda u = 0$ s'annulant sur S et soit $\lambda_i > 0$ la valeur du paramètre λ appartenant à $w_i(x, y)$. Rappelons que chaque fonction $\varphi(x, y)$ continue avec ses dérivées de deux premiers ordres dans T et sur S, peut être développée en une série uniformément convergente

$$(3) \quad \varphi(x, y) = \sum w_i(x, y) \iint_T \varphi(\xi, \eta)\, w_i(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta = \sum a_i w_i(x, y).$$

La série $\sum \frac{1}{\lambda_i^2}$ est convergente, la série $\sum \frac{1}{\lambda_i^2} [w_i(x, y)]^2$ est uniformé-

ment convergente. On a enfin

$$(4)\qquad \iint_T \left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2\right] dx\,dy=\sum \lambda_i a_i^2.$$

Soit b_i $(i=1, 2, \ldots)$ une suite telle que Σb_i^2 converge. Posons

$$(5)\qquad z^{(p)}(x, y)=\sum_i^{1\ldots p}\frac{b_i}{\sqrt{\lambda_i}}w_i(x, y),\qquad \iint_T \mathrm{P}(x, y, z^{(p)})\,dx\,dy=\mathrm{M}(b_1, \ldots, b_p).$$

On voit sans peine que $\lim\limits_{p=\infty}\mathrm{M}(b_1, \ldots, b_p)=\mathrm{M}(b_1, b_2, \ldots)$ existe et *que* $\mathrm{M}(b_1, b_2, \ldots)$ *considérée comme une fonction d'une infinité de variables* b_i $(i=1, 2, \ldots)$ *constitue une fonction totalement continue.*

Posons maintenant

$$(6)\qquad u_n(x, y)=\sum_i^{1\ldots\infty}\frac{t_{in}}{\sqrt{\lambda_i}}w_i(x, y).$$

D'après (4) la série $\sum\limits_i^{1\ldots\infty} t_{in}^2$ converge. D'après (2), (4) et (5) on a

$$(7)\qquad \sum_i^{1\ldots\infty} t_{in}^2+\mathrm{M}(t_{1n}, t_{2n}, \ldots)=d_n,\qquad \lim_{n=\infty} d_n=d;$$

d'où

$$(8)\qquad |t_{in}|<d_0\qquad (i, n=1, 2, \ldots;\ d_0=\text{const. finie}).$$

De la suite t_{in} on peut extraire une autre suite θ_{in} telle que

$$(9)\qquad \lim_{n=\infty}\theta_{in}=\theta_i\qquad (i=1, 2, \ldots),$$

Comme M est totalement continue, on a

$$\lim_{n=\infty}\mathrm{M}(\theta_{1n}, \theta_{2n}, \ldots)=\mathrm{M}(\theta_1, \theta_2, \ldots),$$

$$(10)\qquad \lim_{n=\infty}\sum_i^{1\ldots\infty}\theta_{in}^2+\mathrm{M}(\theta_1, \theta_2, \ldots)=d.$$

On voit facilement que

$$(11)\qquad \lim_{n=\infty}\sum_i^{1\ldots\infty}\theta_{in}^2=\sum_i^{1\ldots\infty}\theta_i^2,$$

car autrement il existerait une fonction représentée par une série finie pro-

cédant suivant les fonctions $w_i(x, y)$ qui rendrait l'intégrale I moindre que d. Les valeurs θ_i satisfont aux équations

$$(12) \qquad 2\theta_i + \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} N^{(i)}(\theta_1, \theta_2, \ldots) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots),$$

$$(13) \qquad N^{(i)}(b_1, b_2, \ldots) = \lim_{p=\infty} \int\int_T \frac{\partial}{\partial u} P(x, y, z^{(p)})\, w_i(x, y)\, dx\, dy,$$

apparaissant comme une conséquence des équations (10) et (11). Les fonctions $N^{(i)}$ sont totalement continues. En partant des équations (12) on démontre que $\frac{\theta_i}{\sqrt{\lambda_i}}$ représentent les coefficients de Fourier d'une fonction $u(x, y)$ continue avec ses dérivées de deux premiers ordres dans T et sur S et s'annulant sur S qui satisfait à l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial u} P(x, y, u)$$

et constitue une solution du problème des variations posé.

La méthode exposée ci-dessus est susceptible de nombreuses applications.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la série de Laplace.* Note de M. **François Lukács**, présentée par M. Émile Picard.

Soit $f(\vartheta, \varphi)$ une fonction sommable (absolument intégrable) des coordonnées sphériques ϑ, φ et

$$(\text{L}) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{4\pi} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} f(\vartheta', \varphi')\, P_n(\cos\gamma) \sin\vartheta'\, d\vartheta'\, d\varphi',$$

sa série de Laplace [1]. M. Fejér a démontré que les moyennes arithmétiques d'ordre *deux* de la série (L) sont convergentes en tout point de continuité de $f(\vartheta, \varphi)$; en outre qu'elles sont toutes, en n'importe quel point, comprises entre les bornes supérieure et inférieure de la fonction $f(\vartheta, \varphi)$. En ce qui concerne la propriété de convergence, M. Haar a trouvé que pour *la série de Legendre* [cas où $f(\vartheta, \varphi)$ ne dépend pas de φ], ce sont

[1] $P_n(\cos\gamma)$ est le polynome de Legendre du degré n et

$$\cos\gamma = \cos\theta \cos\theta' + \sin\theta \sin\theta' \cos(\varphi - \varphi').$$

déjà les moyennes arithmétiques d'ordre *un*, qui sont convergentes en un point de continuité, situé *à l'intérieur* de l'intervalle $(0 < \vartheta < \pi)$. Enfin, dans un beau travail récent [1], M. F.-H. Gronwall a établi le théorème suivant (comprenant celui de M. Haar) :

La série (L) *est sommable par le procédé des moyennes arithmétiques* du premier ordre *en tout point* (ϑ, φ) *où la fonction* $f(\vartheta, \varphi)$ *est continue.*

Ce théorème de M. Gronwall, je le peux démontrer d'une manière plus simple, en m'appuyant seulement sur les faits très connus suivants :

$$(1) \qquad s_n(\cos\vartheta) = \frac{1}{2}P_0 + \frac{3}{2}P_1(\cos\vartheta) + \ldots + \frac{2n+1}{2}P_n(\cos\vartheta)$$
$$= \frac{n+1}{2}\,\frac{P_n(\cos\vartheta) - P_{n+1}(\cos\vartheta)}{1+\cos\vartheta};$$

$$(2) \qquad |P_n(\cos\vartheta)| \leqq 1,$$

$$(3) \qquad |P_n(\cos\vartheta)| < \frac{c_1}{\sqrt{(n+1)\sin\vartheta}} \quad [2].$$

Sans nuire à la généralité nous supposons $\vartheta = 0$, $\varphi = 0$. D'après (1) la $n^{\text{ième}}$ moyenne arithmétique de (L) au point (0, 0) est

$$\frac{1}{4\pi}\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi} f(\vartheta, \varphi)\frac{U_n(\cos\vartheta) - P_{n+1}(\cos\vartheta)}{1-\cos\vartheta}\sin\vartheta\, d\vartheta\, d\varphi,$$

où

$$(4) \qquad U_n(\cos\vartheta) = \frac{1}{n+1}\sum_{k=0}^{n} P_k(\cos\vartheta).$$

M. Gronwall démontre en quelques lignes, en n'utilisant que (2) et (3), que cette quantité converge vers $f(0, 0)$, après avoir établi que *la constante de Lebesgue du premier ordre*

$$\rho'_n = \frac{1}{4\pi}\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\left|\frac{U_n(\cos\vartheta) - P_{n+1}(\cos\vartheta)}{1-\cos\vartheta}\right|\sin\vartheta\, d\vartheta\, d\varphi$$
$$= \frac{1}{2}\int_{-1}^{+1}\left|\frac{U_n(x) - P_{n+1}(x)}{1-x}\right|dx$$

reste bornée quel que soit n. C'est en ce point capital, que je substitue à

[1] *Ueber die Laplacesche Reihe* (*Mathematische Annalen*, Band 74, Heft 2, p. 213-270).

[2] Les $c_1, c_2, \ldots, c_6$ sont des constantes convenables.

l'analyse de M. Gronwall un raisonnement essentiellement plus court et plus élémentaire.

On a d'une part

$$\frac{1}{2}\,\frac{U_n(x)-P_{n+1}(x)}{1-x}=\frac{s_0+s_1(x)+\ldots+s_n(x)}{n+1};$$

d'autre part de (2) il résulte

$$|s_n(x)|\leqq\frac{1}{2}+\frac{3}{2}+\ldots+\frac{2n+1}{2}<(n+1)^2,$$

donc

$$\left|\frac{1}{2}\,\frac{U_n(x)-P_{n+1}(x)}{1-x}\right|<(n+1)^2,\qquad \text{pour } -1\leqq x\leqq+1,$$

et nous obtenons

$$(5)\qquad I_1=\frac{1}{2}\int_{1-\frac{1}{(n+1)^2}}^{1}\left|\frac{U_n(x)-P_{n+1}(x)}{1-x}\right|dx<\frac{1}{(n+1)^2}(n+1)^2=1.$$

En vertu de (2), (3) et (4)

$$|U_n(x)|\leqq 1,\qquad |U_n(x)|<\frac{c_2}{\sqrt{n+1}\sqrt[4]{1-x^2}}\qquad \text{pour}\qquad -1<x<+1,$$

par conséquent

$$(6)\quad I_2=\frac{1}{2}\int_0^{1-\frac{1}{(n+1)^2}}\left|\frac{U_n(x)-P_{n+1}(x)}{1-x}\right|<\frac{c_3}{\sqrt{n+1}}\int_0^{1-\frac{1}{(n+1)^2}}\frac{dx}{(1-x)\sqrt[4]{1-x^2}}$$

$$<\frac{c_3}{\sqrt{n+1}}\int_0^{1-\frac{1}{(n+1)^2}}\frac{dx}{(1-x)^{\frac{5}{4}}}=\frac{c_4}{\sqrt{n+1}}\left[\frac{1}{(1-x)^{\frac{1}{4}}}\right]_0^{1-\frac{1}{(n+1)^2}}<c_5$$

et

$$(7)\qquad I_3=\frac{1}{2}\int_{-1}^{0}\left|\frac{U_n(x)-P_{n+1}(x)}{1-x}\right|dx<\int_{-1}^{0}\frac{dx}{1-x}<1.$$

Les inégalités (5), (6) et (7) donnent immédiatement

$$0<\rho'_n=I_1+I_2+I_3<c_6. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Je suis parvenu aussi au théorème suivant qui semble nouveau: *La série* (L) *est sommable (dans les conditions énoncées ci-dessus) par les moyennes arithmétiques d'ordre* $\frac{1}{2}+\varepsilon$ $(\varepsilon>0)$ [1].

---

[1] MM. S. Chapman et M. Riesz ont considéré les premiers les moyennes d'ordre fractionnaire pour la série de Laplace.

AÉRONAUTIQUE. — *Recherches expérimentales sur le vol plané.* Note (1) de M. PIERRE IDRAC, présentée par M. Maurice Hamy.

L'examen des publications les plus récentes concernant le vol des oiseaux (2) permet de constater qu'il n'a été fait jusqu'ici aucune étude expérimentale sérieuse des courants ascendants pouvant se produire dans les endroits où les oiseaux volent à voile.

J'ai cherché à combler cette lacune en faisant usage de petits ballons équilibrés en air calme à la pression et à la température du lieu de l'expérience. Les ballons abandonnés dans le courant ascendant étaient photographiés à des intervalles de temps bien déterminés (3 secondes).

De l'étude des clichés, on pouvait déduire la distance (3) et la hauteur du ballon au-dessus de l'horizon, ce qui permettait d'avoir la composante verticale de sa vitesse et, par suite, celle du vent.

En appliquant ce procédé près des falaises de Dieppe, j'ai constaté invariablement, dans tous les endroits où les goélands et corbeaux volaient à voile, des courants ascendants de l'ordre de 3^m à 4^m par seconde. Or un semblable courant suffit à soutenir les oiseaux. En effet, un bon aéroplane actuel arrive à ne descendre en vol plané que de 2^m ou 3^m par seconde et serait par conséquent soutenu par un vent ascendant de vitesse égale. Si donc on admet que l'oiseau sait aussi bien profiter du vent que l'aéroplane, on voit que, dans le cas particulier que j'ai étudié, le vent ascendant suffit seul à expliquer le vol à voile (4).

Il serait maintenant intéressant d'examiner s'il en est de même dans les autres circonstances où l'on observe ce genre de vol.

(1) Présentée dans la séance du 16 juin 1913.

(2) J'ai consulté entre autres les Ouvrages suivants : *Le vol à voile*, de Cousin; *The Flight of Birds*, de Hedley; *Le vol naturel et le vol artificiel*, de Sir Hiram Maxim; *Les lois expérimentales de l'aviation*, de Sée.

(3) Pour calculer la distance du ballon, dont les dimensions étaient connues, il suffisait de mesurer le diamètre de son image sur le cliché. Ce procédé étant peu précis pour les distances de plus de 30^m, j'ai suspendu au ballon un corps noir léger dont le centre était assez éloigné (1^m par exemple) du centre du ballon. De la mesure des centres des images, on déduisait la distance avec beaucoup de précision.

(4) Le poids de l'oiseau par unité de surface étant bien inférieur à celui de l'aéroplane, le vent nécessaire à sa sustentation serait encore plus faible. Toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de ce vent est proportionnelle à la racine carrée de la charge par unité de surface.

Un des cas les plus remarquables est celui des goélands qui suivent les paquebots. J'ai pu, dans des expériences sommaires faites sur les bateaux de la ligne de Dieppe à Newhaven et du Havre à Trouville, déceler l'existence constante de remous ascendants à l'arrière du navire. Ces remous violents et de peu d'étendue exigeraient, pour une étude approfondie, l'emploi d'un cinématographe stéréoscopique.

Plus intéressante encore, semble-t-il, serait l'étude des grands voiliers qui évoluent périodiquement au-dessus des plaines de certains pays chauds, notamment de l'Égypte; dans ce cas, en effet, l'existence de courants ascendants est au moins problématique et leur existence, si elle était démontrée, permettrait sans doute de clore définitivement la question du vol à voile.

PHYSIQUE. — *Phénomène de Zeeman anormal sur le doublet* $\lambda = 2853$ *du sodium*. Note de M. **R. Fortrat**, présentée par M. E. Bouty.

Dans des expériences décrites ici même [1], j'ai étudié la décomposition magnétique du doublet $\lambda = 2853$ du sodium; le champ maximum atteignait 47600 gauss, mais l'extrême étroitesse de l'entrefer où je devais loger une étincelle très chaude était une condition défavorable. Depuis cette époque, M. P. Weiss a réalisé un grand progrès dans la construction des électro-aimants par l'emploi du ferro-cobalt [2] : l'un de ces appareils, qu'il a eu l'obligeance de mettre à ma disposition, produisait un champ de 49400 gauss dans un entrefer assez large pour qu'il ait été possible d'y placer une étincelle régulière. En outre, j'ai remplacé mes premières plaques photographiques par d'autres au moins aussi sensibles et donnant de meilleurs contrastes avec un grain plus fin.

C'est dans ces conditions bien plus avantageuses que j'ai refait une étude plus complète et plus précise du phénomène de M. Zeeman sur le doublet 2853 du sodium. J'avais observé un triplet : les deux composantes diffuses ont été dédoublées, et en outre il est apparu deux nouvelles composantes dont l'une est très faible. La figure représente des courbes d'intensité reproduisant, autant qu'il est possible, l'aspect des clichés. J'indique dans la partie supérieure les positions des dix composantes prévues par la règle de Preston.

---

(1) Fortrat, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1607.

(2) Weiss, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1970.

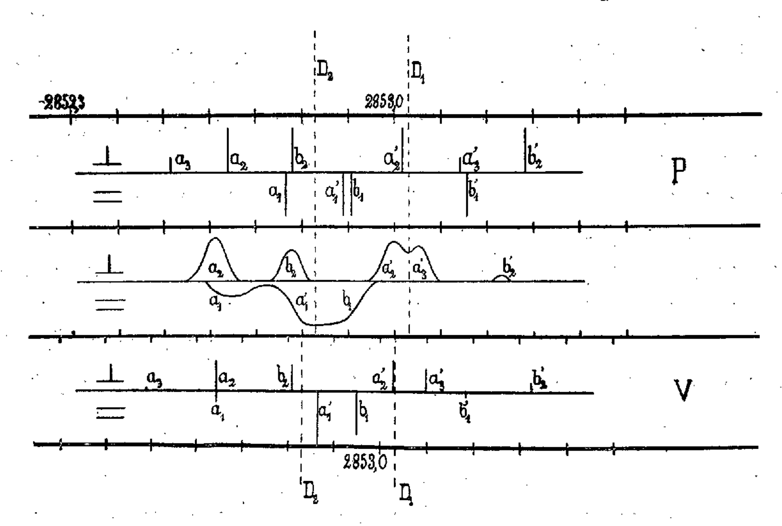
M. Voigt [1] a publié tout récemment une étude théorique de l'action d'un champ magnétique croissant sur des doublets du type étudié ici. Les résultats sont résumés dans quatre figures (*loc. cit.*, p. 228) correspondant à quatre valeurs d'une certaine expression $\frac{r\nu}{\pi_2}$ qu'on peut mettre sous une forme plus intuitive : en représentant par a l'écart du doublet (échelle des fréquences) et par d le demi-intervalle des composantes extrêmes d'un triplet magnétique normal, on a

$$\frac{\nu r}{\pi_2} = \frac{d}{a}.$$

Dans mon expérience, $a = 2,49\,\text{cm}^{-1}$ et $d = 2,31\,\text{cm}^{-1}$, donc

$$\frac{d}{a} = 0,928.$$

Cette valeur est très voisine de la valeur 1 pour laquelle les résultats de



M. Voigt sont représentés dans la deuxième figure de son Mémoire, dont la parenté avec mes observations est frappante. J'ai représenté dans la partie inférieure de la figure ci-dessus les positions des composantes calculées par les formules de M. Voigt pour $\frac{d}{a} = 0,928$, avec une longueur proportionnelle à leur intensité, mais leur ensemble est un peu déplacé par rapport à la figure qui résume mes mesures.

(1) VOIGT, *Ann. der Physik*, t. XLII, 1913, p. 210.

Les droites représentent les positions théoriques des composantes d'après la règle de Preston (P) où la théorie de M. Voigt (V), les courbes représentent les intensités évaluées sur les clichés. Les droites horizontales séparent ce qui se rapporte aux vibrations électriques parallèles au champ (au-dessous) de ce qui se rapporte aux vibrations perpendiculaires (au-dessus).

Dans le Tableau suivant je donne également les longueurs d'onde mesurées et calculées en ångströms :

	Observé.	Calculé.	Différences.
a_2............	2852,61 (¹)	2852,641	0,03
a_1............	52,65 (¹)	52,641	—0,01
b_2............	52,77	52,807	0,037
a'_1............	de 2852,8	52,864	»
b'_1............	à 2852,9	52,949	»
a'_2............	52,99	53,017	0,027
a'_3............	53,05	53,099	0,049
b'_2............	53,23	53,325	0,095

Si l'on tient compte des difficultés des mesures, surtout sur des raies diffuses comme a_1, on voit que la concordance de la théorie avec l'expérience devient excellente, pourvu qu'on déplace en bloc de $0^a,03$ l'ensemble du système déduit de la théorie. A la fin de sa publication, M. Voigt signale déjà qu'un tel déplacement n'est nullement improbable et il remarque qu'il donnerait une meilleure concordance avec mes premiers résultats.

Il est intéressant de remarquer que cette expérience était déjà faite, mais que M. Voigt n'en avait pas connaissance quand il a publié sa théorie : on peut donc dire que cette théorie a prévu et expliqué (au déplacement d'ensemble près) mes résultats au premier abord bien surprenants. En concordance avec des observations de M. Zeeman pour de grandes valeurs de $\frac{d}{a}$ et avec les observations de M. Back et les miennes pour de faibles valeurs de cette variable, il n'était pas inutile de vérifier qu'elle l'est aussi avec des observations correspondant à une valeur intermédiaire de $\frac{d}{a}$.

L'étude des doublets étroits dans des champs magnétiques intenses, dont M. Paschen a découvert l'importance et sur laquelle il a attiré l'attention des physiciens, a donc donné déjà des résultats théoriques : le plus impor-

(¹) Les composantes parallèles et perpendiculaires sont toujours mesurées sur des clichés distincts; je ne peux rien dire des valeurs relatives des intensités dans les deux polarisations.

tant me paraît être de rendre très probable l'hypothèse de M. Voigt ([1]), que les liaisons deux à deux des électrons qui émettent le doublet sont proportionnelles au champ magnétique extérieur, avec des coefficients qui se déduisent l'un de l'autre par permutation circulaire, aussi bien pour les liaisons externes que pour les liaisons internes.

PHYSIOLOGIE. — *Hypertensions artérielles fonctionnelles. Pseudo-artério-sclérose.* Note de M. **Raoul Dupuy**, présentée par M. Edmond Perrier.

Certain cardiologues ont dénoncé l'erreur de l'équation : hypertension artérielle égale artério-sclérose; mais nombre de praticiens, peu familiarisés avec les travaux récents, continuent à déclarer artério-scléreux tous les hypertendus.

Cependant, ainsi que l'ont démontré Huchard, Pal, Vaquez, Gallavardin, Martinet, etc., il y a lieu de faire une distinction entre les hypertendus *lésionnels* cardio-rénaux et les hypertendus dits *fonctionnels*.

Les constatations de lésions du cœur et des reins, l'étude de la tension artérielle au moyen de l'oscillomètre, indiquant une hypertension constante maxima et minima et montrant des oscillations différentielles irrégulièrement croissantes, permettent de soupçonner l'artério-sclérose.

Mais, si la perméabilité rénale est normale, si la recherche de la rétention chlorurée et azotée est négative, si enfin des lésions n'ayant pas été décelées (se méfier de l'insuffisance aortique) on constate une hypertension maxima *souvent inconstante* et une pression *minima sensiblement normale*, avec une *augmentation régulière des oscillations*, pendant la période différentielle, à l'oscillomètre de Pachon, on est en droit de songer à l'hypertension fonctionnelle.

L'hypertension fonctionnelle est le résultat de causes très nombreuses et plus ou moins associées. Elles doivent être recherchées dans le fonctionnement défectueux du cœur (le moteur du système), des artères, des veines et surtout des capillaires et enfin du rein et de l'intestin (les soupapes du circuit).

Ces organes peuvent être influencés soit *directement*, soit *indirectement*. Mais, pour être plus complet, il est préférable de classer les hypertensions fonctionnelles en quatre groupes :

([1]) Voigt, *Ann. der Physik*, t. XLI, 1913, p. 412, 420 et 425.

1° Les hypertensions mécaniques (directes);
2° Les hypertensions réflexes (indirectes);
3° Les hypertensions chimiques et toxiques (indirectes);
4° Les hypertensions endocriniennes (indirectes).

L'hypertension *mécanique* ou directe provient :

a. Du cœur (cœur d'athlète, cœur rapide);

b. Des vaisseaux, par obstacle externe (stricture du faux-col ou du corset);

c. Du milieu sanguin : par augmentation de la masse sanguine chez les grands buveurs et mangeurs; par hyperviscosité (Martinet) et polyglobulie chez les sédentaires et les pléthoriques;

d. Des émonctoires (rein momentanément insuffisant, intestin paresseux).

La production de l'hypertension d'origine indirecte est conditionnée par l'accélération du cœur, accompagnée d'une vasoconstriction périphérique. Ces phénomènes se constatent dans les hypertensions réflexes, chimiques ou toxiques et endocriniennes.

L'hypertension *réflexe* peut être :

a. D'origine centrale : émotions, surmenage, insomnie, etc.;

b. D'origine vago-sympathique : froid, brusque changement d'altitude (hypertension des aviateurs), climat marin, premiers phénomènes de la digestion, dilatation stomacale, météorisme, etc.

L'hypertension *chimique*, *toxique* ou *infectieuse* peut être :

a. D'origine endogène, par auto-intoxication chez les arthritiques (goutteux, obèses, diabétiques); par la présence exagérée de CO^2 dans le sang chez les insuffisants respiratoires.

b. D'origine exogène, médicaments hypertenseurs, toxines syphilitiques, alcool, tabac, plomb, etc.

L'hypertension d'origine *endocrinienne* est des plus importante à étudier. Elle provient :

a. D'un hyperfonctionnement des surrénales (Vaquez);

b. D'un hyperfonctionnement de la thyroïde;

Dans le premier cas, c'est surtout par vaso-constriction capillaire que se produit l'hypertension. Dans le second cas, c'est par accélération des mouvements cardiaques. Chez nombre de malades, ces deux hyperfonctions sont souvent combinées.

Elles peuvent être primitives ou secondaires.

Chez les gens d'un certain âge, elles semblent secondaires à un état d'insuffisance génitale endocrinienne.

A l'appui de cette thèse, nous ferons remarquer que nous avons constaté une élévation de la pression chez les enfants « arriérés dystrophiques » (habituellement hypotendus), qui présentaient des anomalies génitales : atrophie ou hypertrophie adénomateuse ? des testicules.

Donc, dans nombre de cas d'hypertension fonctionnelle, l'hyperépinéphrie et même l'hyperthyroïdie peuvent être considérées comme des phénomènes de compensation, de vicariance endocrinienne, à la suite de l'*hypofonction génitale*.

L'insuffisance génitale est le résultat soit d'une atrophie, soit d'une ablation de la glande, soit enfin du « retour d'âge », qui s'observe dans les deux sexes (ménopause, diastématopause).

Moins grave que l'hypertension lésionnelle, l'hypertension fonctionnelle, ainsi que Huchard l'avait bien mis en lumière, est un symptôme avant-coureur d'artério-sclérose.

De plus, on remarquera que ces deux hypertensions (lésionnelles et fonctionnelles) peuvent se trouver réunies chez un même sujet et, en traitant l'hypertension fonctionnelle, on évite au système cardio-rénal un surcroît de fatigue.

Selon la cause, la thérapeutique sera orientée dans un sens différent (cure de réduction des liquides, régime alimentaire, culture physique, etc.).

L'hypertension endocrinienne pourra être influencée directement ou indirectement : directement par la galvanisation locale ou la radiothérapie, selon la méthode décrite par Nogier, et indirectement par l'*opothérapie génitale* (ovaire et testicule), endocrinienne (corps jaune et partie interstitielle), dont l'action hypotensive a été signalée et étudiée expérimentalement (Gley et Champy).

On obtient souvent de meilleurs résultats en adjoignant l'*opothérapie hépatique*, combinée parfois à l'*opothérapie thyroïdienne*, à faible dose, qui, agissant sur l'hyperépinéphrie, comme aussi sur l'hyperthyroïdie elle-même (par un processus encore inconnu), ont la propriété de lutter contre l'auto-intoxication et d'activer les échanges.

Nous signalons chez des hypertendus fonctionnels, traités par ces méthodes patiemment appliquées, en plus d'un abaissement de la pression, la disparition de la dyspnée, des palpitations, des céphalées et des vertiges, dont on a voulu faire, à tort, des signes exclusifs d'artério-sclérose confirmée.

MÉDECINE. — *Les voies de pénétration du virus tuberculeux chez le veau et le pouvoir tuberculigène du lait de vache.* Note de M. P. CHAUSSÉ, présentée par M. E. ROUX.

Depuis quelques années nous défendons cette thèse, appuyée à la fois sur l'observation et l'expérimentation, que la tuberculose bovine est généralement contractée par inhalation et qu'au surplus, quelles que soient les voies de pénétration, les réactions locales et lymphatiques permettent de les reconnaître.

Dans un travail récent, MM. Calmette et Guérin (*Comptes rendus* du 6 janvier 1913), se proposant de rechercher chez le bœuf les modes de la contagion naturelle, réalisent des conditions expérimentales extrêmement favorables à l'ingestion et qui ne se rencontrent pas d'ordinaire dans la pratique; malgré cela, ces auteurs obtiennent difficilement l'infection visible, mais bénigne de 5 bovins sur 10 et ils constatent la virulence des ganglions chez ceux qui sont sains. Ces expérimentateurs émettent la conclusion que, *dans les conditions naturelles, la tuberculose est d'abord une infection générale du système lymphatique précédant d'assez loin l'apparition des lésions.*

Dans ces sept dernières années nous avons nous-même cherché à connaître les modes de la contagion naturelle chez le jeune sujet de l'espèce bovine. Les autopsies de veaux sacrifiés à l'âge de 2 à 3 mois dans les abattoirs permettent d'arriver à des conclusions intéressantes; là les investigations portent sur des milliers de sujets parmi lesquels ceux qui sont tuberculeux sont incontestablement infectés dans les conditions naturelles. Nous négligerons les résultats de nos premières années de recherches, au cours desquelles nous avons fait notre éducation personnelle relativement aux caractères de la tuberculose du veau.

Morbidité tuberculeuse animale. — La morbidité tuberculeuse du veau, calculée sur 22000 sujets autopsiés depuis 4 ans environ, est, à Versailles, de 0,24 pour 100 environ, tandis que les femelles adultes sont tuberculeuses dans la proportion moyenne de 10 pour 100, soit 40 fois plus, mais la plupart avec de faibles lésions. Comparativement, la tuberculose porcine est de 0,589 pour 100 des animaux abattus. La morbidité tuberculeuse bovine et porcine est beaucoup moins élevée en France que dans certains pays du Nord (Suède, Danemark, Allemagne, Hollande), bien que nos examens aient été aussi sévères que ceux pratiqués dans les abattoirs étrangers. La morbidité des bovins adultes, des veaux et des porcs est respectivement :

A Malmoë, en 1907, de 68,54 pour 100 [1]......	1,88	4,51
A Copenhague, 1911, de 32,83 pour 100 [2].....	1,69	4,69
A Berlin, 1907-1908, de 56,94 pour 100 [1].....	0,87	4,43
A Leyde, 1904, de 33,4 pour 100 [2]............	0,54	8,2

Mais notre but principal a été l'étude de la maladie au point de vue pathogénique. Sur nos 56 derniers cas de tuberculose du veau nous avons noté avec soin les caractères et le siège des lésions. Quant aux voies de pénétration, ces observations se rattachent nettement à trois types essentiels : respiratoire, congénital et digestif.

Type respiratoire. — Sur les 56 animaux, 44 étaient infectés par inhalation, c'est-à-dire qu'ils présentaient en général une *lésion pulmonaire caséeuse avec adénopathie caséo-calcaire* correspondante; les ganglions digestifs et les autres organes étaient indemnes. Néanmoins, chez 11 animaux, nous avons prélevé et inoculé au cobaye les ganglions de l'intestin; une seule fois ces filtres étaient virulents, mais cela n'implique pas la contagion par ingestion, l'infection simultanée ou successive par les voies respiratoire et digestive étant possible. Nous rappellerons que, dans des recherches analogues, faites chez des sujets adultes atteints de lésions pulmonaires récentes et limitées, nous avons inoculé aussi avec succès les ganglions mésentériques sains en apparence : sur 20 sujets la virulence avait également été constatée une seule fois (*Ann. de l'Inst. Pasteur,* 25 juillet 1911).

Type congénital. — 8 animaux présentaient des altérations de type congénital, portant spécialement sur le *foie et ses ganglions.* Les tubercules hépatiques et ganglionnaires annexes étaient de caractères plus anciens que les lésions thoraciques dans le type précédent.

Il résulte de l'examen des observations faites par de nombreux auteurs que la tuberculose d'origine congénitale est nettement caractérisée par les localisations ci-dessus.

Type digestif. — Enfin, 4 animaux étaient affectés de tuberculose d'origine digestive avec *lésions de la muqueuse intestinale et caséification prononcée des ganglions mésentériques* qui étaient en outre augmentés de volume.

Conclusions. — Quel que soit le mode de l'infection, on trouve une ou plusieurs lésions aux points de pénétration respiratoire ou digestif, ou dans l'organe infecté par la voie sanguine (foie); de plus les ganglions afférents à ces organes sont fortement dégénérés quelques semaines après la naissance, ou au moment de la naissance s'il s'agit de tuberculose contractée dans l'utérus; enfin les ganglions sains sont rarement virulents chez les animaux tuberculeux.

---

[1] Morbidité des vaches seulement.

[2] Morbidité totale des bovins adultes; celle des vaches seules est plus élevée.

En d'autres termes : *à une infection locale l'organisme oppose une réaction locale précoce et le stade lymphatique généralisé et prolongé n'existe pas.*

Par suite on constate que la tuberculose du veau a une évolution un peu plus rapide que celle de l'adulte.

Dans la nature, l'inhalation est le mode de contagion habituel chez le jeune bovin. L'infection intra-utérine a un rôle qui doit être pris en considération, car elle fournit une proportion importante de cas graves; nous avons déjà indiqué que l'origine congénitale de certaines tuberculoses de l'adulte peut être reconnue (*Bull. de l'Acad. de Médecine*, 2 avril 1912).

Bien que le veau soit beaucoup plus exposé que le bœuf adulte à l'infection par la voie digestive, c'est ce dernier mode qui a, chez lui aussi, la plus faible valeur : sur 6000 veaux abattus un seul a de la tuberculose d'origine alimentaire. La tuberculose du jeune bovin est rare non seulement pendant les premiers mois, mais aussi pendant les premières années.

Ces constatations nous autorisent à tirer cette autre conclusion importante : étant donnée la morbidité tuberculeuse relativement faible de la femelle bovine en France, *le lait de cette femelle ne cause qu'un nombre restreint de cas de tuberculose*. Le porc est plus fréquemment tuberculeux par ingestion (1 animal sur 169 abattus), parce qu'il est plus réceptif et parce qu'il ingère des laits mélangés et des déchets divers dont le pouvoir infectant s'ajoute à celui du lait; néanmoins, la morbidité tuberculeuse porcine est encore peu élevée. Si l'on considère que, pour l'usage de l'homme, le lait de vache est généralement bouilli et ingéré en faible quantité, on acquiert la conviction que *ce liquide ne peut être qu'une cause secondaire, non négligeable assurément, de la phtisie humaine*. Les statistiques montrent bien une relation entre les tuberculoses bovine et porcine, mais elles n'établissent aucun parallélisme entre les tuberculoses humaine et animale. Nous nous accordons enfin avec la généralité des bactériologistes qui constatent que les lésions tuberculeuses humaines contiennent rarement le bacille de type bovin.

MÉDECINE. — *De l'emploi de quelques combinaisons médicamenteuses nouvelles dans le traitement des trypanosomiases.* Note de M. **J. Danysz**, présentée par M. A. Laveran.

Le fait qu'un certain nombre de microbes s'accoutument aux produits destinés à les détruire dans l'organisme malade et forment des races plus

résistantes a conduit à l'idée d'employer simultanément ou successivement plusieurs produits que l'on supposait actifs.

C'est ainsi que, dans les trypanosomiases, Laveran a cherché à compléter l'action du trypan rouge par celle de l'acide arsénieux, Laveran et Thiroux ont associé l'atoxyl à l'orpiment; Moore, Nierenstein et Todd, l'atoxyl aux sels de mercure; Morgenroth et Tugendreich, le salvarsan à l'éthylhydrocupréine et à l'acide salicylique, etc.

D'autre part, j'ai pu constater que l'accoutumance de certains microorganismes aux produits microbicides (qui présente une grande analogie avec le phénomène de l'immunisation antitoxique) [1] varie beaucoup pour les différentes sortes de produits que l'on peut employer comme médicaments.

Ainsi il est plus facile d'obtenir une accoutumance contre les sérums normalement bactéricides et les sels des métalloïdes que contre les alcaloïdes et surtout les sels des métaux, les plus puissants antiseptiques *in vitro*, mais qui n'agissent que d'une façon à peine appréciable sur les mêmes microbes dans l'organisme malade.

C'est là une question d'affinité plus ou moins grande des antiseptiques pour les éléments de l'organisme et pour les parasites, question qui a été surtout mise en lumière dans ces derniers temps par les travaux d'Ehrlich.

Ce sont ces considérations générales qui m'ont conduit tout naturellement à l'idée de combiner plusieurs sortes de produits actifs pour associer dans la même molécule l'affinité élective de l'un à la puissance antiseptique d'un autre et notamment quelques couleurs de benzidine, de triphénylméthane ou de fluorescéine avec les sels des métalloïdes et des métaux, et d'essayer ces composés dans les maladies dans lesquelles les méthodes bactériologiques n'ont pas donné jusqu'à présent de résultats appréciables.

De mes expériences, qui portent sur un grand nombre de ces composés, je n'indiquerai ici que les résultats obtenus dans les trypanosomiases et notamment dans le surra et dans les infections produites par le *Trypanosoma rhodesiense*.

Une combinaison arséno-argentique, qu'on obtient en faisant agir l'azotate d'argent sur l'arsénobenzol et dans laquelle l'argent est dissimulé à ses réactifs ordinaires (et dont nous espérons pouvoir publier bientôt la for-

---

[1] *Annales de l'Institut Pasteur*, 1900, p. 641.

mule exacte) m'a permis de stériliser le sang de lapins de $2^{kg},500$ à 3^{kg}, atteints de *Surra*, *par une seule injection* de 5^{mg} dans les veines ou dans les les muscles et de guérir les souris de 15^{g} à 20^{g} *par une seule injection* sous la peau de $\frac{1}{20}$ de milligramme. Les souris supportent sans aucune réaction appréciable une injection de 3^{mg} du même produit.

Le *Trypanosoma rhodesiense* s'est montré plus résistant. Pour obtenir chez les souris les mêmes résultats que dans le *Surra*, il faut employer des doses deux fois plus fortes, soit $\frac{1}{10}$ de milligramme, mais en ajoutant, au composé arsénico-argentique, des quantités de trypan rouge qui, employé seul à la même dose, est absolument inactif, on peut encore abaisser de moitié la dose stérilisante du composé précédent. On peut guérir ainsi le *Surra* des souris par une injection de $\frac{1}{50}$ de milligramme et de $\frac{1}{20}$ de milligramme dans le cas du *Trypanosoma rhodesiense*.

Des doses doubles et triples de sels d'argent, d'atoxyl, d'arsénobenzol, de trypan rouge injectés séparément n'ont produit, dans les mêmes cas, que des effets peu appréciables.

PHYSIOLOGIE. — *Effets physiologiques du travail et* « degré de fatigue ». Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. Dastre.

La notion de *degré de fatigue*, qui est l'objet essentiel de la physiologie du travail professionnel, est malheureusement assez obscure. Nous nous proposons d'apporter quelques nouveaux éléments à son intelligence et à l'appréciation de la fatigue chez l'homme.

Mais il convient, tout d'abord, d'admettre que les conditions de son activité sont telles que le sujet n'éprouve aucune *douleur*, et ne produise aucun *effort* dangereux ni excessif. On le suppose donc en travail *normal* pédalant sur notre *bicycle à frein* (²), s'élevant sur une pente, sur un escalier, marchant ou courant, agissant sur une manivelle, un outil.

Nos recherches ont porté exclusivement sur l'analyse des phénomènes de la circulation et de la respiration tant au repos que pendant et après un certain travail.

Le détail de la technique et des expériences trouvera place dans un Mémoire d'ensemble. Il suffira de mentionner ici que les facteurs du travail :

(¹) Présentée dans la séance du 13 octobre 1913.

(²) Pour la description de cet ergomètre voir *Journal de Physiologie*, mars 1912.

effort, vitesse, temps, sont déterminés rigoureusement, et que l'enregistrement des pulsations et respirations est obtenu graphiquement au moyen d'un bon sphygmographe de Marey et un pneumographe double.

La pression artérielle est mesurée à l'oscillomètre de Pachon. Nous nous attacherons dans cette première Note aux faits relatifs à la circulation du sang.

Expériences. — I. Sujet A, 33 ans, 70^{kg}, le matin 2 heures après un repas de café au lait; local à 15°.

a. Il parcourt 38^{m} en marchant sur terrain plat; son pouls, qui était au rythme de 75 par minute, passe successivement à

	84	85	88	90	90
augmentant de	9	10	13	15	15

La durée du parcours a été, d'autre part

30	28	26	19	18 secondes

nombres inversement proportionnels aux accroissements du rythme

b. Il gravit une pente de 11^{cm},50, en parcourant 80^{m}. Le pouls battait 70; il marquera successivement

	96	100	112
augmentant de	26	36 et	42
Or le temps fut de	46	33 et	30 secondes

Ce qui vérifie la relation précédente et met, de plus, en évidence le rôle de la rampe du terrain et de la vitesse.

c. Il parcourt 100^{m} en palier dans une course rapide. Le rythme des pulsations s'élève de 72 à 148, soit un accroissement de 76, tandis que le temps fut de 17 secondes. En tenant compte de la première expérience, on se serait attendu à une augmentation de rythme égale à 41 au lieu de 76. La quantité de travail intervient donc au même titre que la vitesse pour forcer le pouls.

d. Il pédale sur le bicycle à frein pendant 4 minutes, effectue un travail de 1000^{kgm} à 1400^{kgm}, aux cadences de

72	80	88	92	100

coups de pédale.

Le rythme des pulsations s'est accru de

16	18	20	22	28

La proportionnalité des valeurs ci-dessus est évidente, sauf pour la dernière.

II et III. Sujets de 60 à 64 ans, assez robustes, poids de 65^{kg} et 75^{kg}.

Pour abréger, nous dirons que sur ces deux sujets se vérifie aussi la relation entre l'augmentation de rythme des pulsations et la vitesse de travail et la quantité de ce travail, mais rien qu'aux *moyennes vitesses*.

Examen des sphygmogrammes. — Dans un travail modéré, la courbe de la pulsation (sphygmogramme) accuse le petit ressaut du *dicrotisme;* son amplitude est augmentée, d'autant plus que la durée de travail se prolonge. La netteté, l'égalité des sphygmogrammes sont frappantes; nulle part d'irrégularités.

Après le travail, le tracé reprend rapidement son aspect initial de l'état de repos (petite amplitude, absence de dicrotisme).

Prolonge-t-on l'activité des muscles? Le sphygmogramme est alors de plus en plus brusque, sa branche ascendante se rapproche de la verticale; le sommet de la courbe prend de l'acuité, le dicrotisme est plus saillant. Tel est le cas d'un ouvrier qui frappe plusieurs centaines de coups de marteau sur une enclume, à raison de 80 par minute et prenant à chaque volée 30 secondes de repos. Le marteau pèse 2^{kg} et s'élève de 1^{m}.

Enfin, lorsque la puissance développée est considérable, on observe une atténuation de l'amplitude et du dicrotisme, mais la branche descendante du sphygmogramme est sinueuse; succédant à un tracé par travail modéré, celui-là est nettement irrégulier, à courbes inégales et assez dissemblables.

Examen de la pression artérielle. — Sur les graphiques des pulsations, on observe déjà une élévation de la pression artérielle dans l'inclinaison ascendante de tout le tracé. L'élévation est peu marquée si le travail est modéré, plus accentuée dans un fort travail.

Mesurons cette pression avec l'oscillomètre de Pachon, de minute en minute, au cours d'un travail de martelage : 1050 coups en 15 minutes. On a :

Au repos (état initial) .... 15^{cm}
Au travail : 15 — 16 — 16 — 16 — 17 — 17,5 — 17,5 — 18 — 18,5 — 19,5 — 20,5 — 20,5 — 21 — 22,5 .... 23^{cm}

Aux valeurs de 22 et 23, il était visible que la fatigue de l'homme touchait à sa limite.

Conclusion. — Tant que le rythme et l'amplitude des pulsations suivent

la progression du travail, tant que leur régularité ainsi que le dicrotisme s'observent parfaitement, l'activité des muscles peut être considérée comme normale.

Dès que le rythme s'exagère, que l'aspect des courbes devient irrégulier par décroissance de l'amplitude et vibration de la branche dicrote, dès que la pression artérielle monte à 23, on peut être assuré que les conditions du travail ne sont pas normales.

MORPHOGÉNIE. — *Étude expérimentale des facteurs déterminant la morphologie cranienne des Mammifères dépourvus de dents.* Note de M. **R. Anthony**, présentée par M. Edm. Perrier.

Parmi les caractères qui, dans un phylum mammalien, différencient la tête osseuse des formes normalement édentées de celle des types munis de dents, ceux dont l'énumération suit peuvent être considérés comme particulièrement essentiels :

Allongement général et rétrécissement du crâne et de la face.

Surbaissement du crâne.

Réduction de la mandibule suivant toutes ses dimensions, sauf en ce qui concerne la longueur qui est au contraire augmentée.

Diminution d'étendue et effacement des surfaces d'insertion des muscles crotaphytes et masséters.

Atrophie des arcades zygomatiques et des apophyses coronoïdes.

Inclinaison en avant du plan nuchal et du plan du trou occipital.

Redressement de la tente du cervelet.

Allongement dans le sens antéro-postérieur des surfaces articulaires temporales et condyliennes.

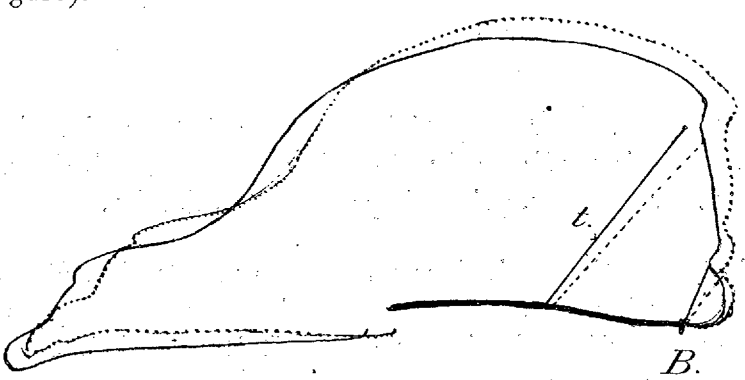
Ces caractères sont très facilement appréciables chez le Tamanoir et le Tamandua lorsqu'on les compare soit à l'Hapalops et au Mylodon fossiles, soit aux Paresseux actuels; ils le sont également chez le Pangolin lorsqu'on le rapproche de l'Oryctérope.

Il semble rationnel de supposer que les caractères en question sont en rapport étroit avec le fait de l'absence des dents.

Il m'a paru d'un certain intérêt de soumettre cette idée *a priori* au contrôle de l'expérience, et c'est dans ce but que j'ai, il y a quelques années, opéré systématiquement l'ablation de toutes les dents sur un jeune chien au fur et à mesure de leur éruption.

De la comparaison des mesures pratiquées sur le crâne osseux de

l'animal devenu adulte avec celles obtenues sur le crâne d'un témoin, il ressort nettement qu'en opérant dans les conditions ci-dessus indiquées, on provoque l'apparition à l'état d'ébauche de tous ces caractères qui, beaucoup plus accentués, différencient normalement au point de vue du squelette céphalique les formes édentées de celles qui sont munies de dents (voir la figure).



Coupe sagittale du crâne chez le chien en expérience (trait plein) et chez le chien témoin (trait pointillé). Silhouettes dessinées au stéréographe et superposées suivant la ligne de base. B, basion; *t*, tente osseuse du cervelet. $\frac{4}{5}$ de grandeur naturelle. Cette figure montre l'allongement et le surbaissement du crâne, l'inclinaison en avant du plan nuchal et du plan du trou occipital, le redressement enfin de la tente du cervelet chez le chien soumis à l'expérience.

Nota : Les deux individus appartenaient à une même portée et étaient du même sexe (♀). Ils ont été sacrifiés en même temps; ils étaient, de plus, exactement de même taille et cela aussi bien au moment de la naissance qu'à celui de la mort.

Les processus mécaniques auxquels peut être attribué l'établissement de ces différents caractères, aussi bien chez un individu soumis à une expérience systématique qu'au cours normal de la phylogenèse, seront exposés en détails et discutés au cours d'un Mémoire destiné à faire suite à la série d'études de morphogénie expérimentale que j'ai publiées depuis 1901.

ZOOLOGIE. — *Les* îlots *de Termites.* Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Ed. Perrier.

Depuis quelques années, je cherche à déterminer l'aire de répartition des Termites dans le département de la Charente-Inférieure. Ce travail m'a permis de faire d'intéressantes observations, notamment en ce qui concerne l'existence et la formation de ce que j'appellerai ici les *îlots*.

Bien que mes recherches ne soient pas encore complètement terminées,

je puis déjà avancer que les Termites, dans cette région, occupent une vaste étendue limitée par une ligne très sinueuse comprenant, entre autres villes, celles de La Rochelle, Rochefort, Marennes et leurs environs. A l'extérieur de cette frontière le pays est sain, mais pas d'une façon absolue cependant, tout au moins en ce qui concerne la portion la plus voisine de celle-ci. Là, en maints endroits, en effet, il m'a été donné d'observer la présence des Termites. Ceux-ci occupent en ces lieux une surface plus ou moins grande, mais toujours bien isolée au milieu de parties indemnes ; ces points envahis, par rapport à l'ensemble qui ne l'est pas, peuvent être comparés à de petites îles situées au sein d'une mer, aussi crois-je pouvoir leur donner le nom d'*îlots*. Parfois c'est un chai, un hangar, une écurie ; d'autres fois une maison, en totalité ou seulement en partie ; c'est ainsi que j'ai noté la présence de Termites exclusivement dans le plancher d'une pièce et même une fois uniquement dans une armoire, sans aucune irradiation dans les parties voisines de l'immeuble. Les taches peuvent aussi être plus étendues et comprendre plusieurs constructions.

Ce sont là des faits dont quelques-uns, au premier abord, peuvent sembler assez singuliers, mais qui s'expliquent aisément depuis les derniers travaux parus.

Lorsque l'îlot est assez rapproché de la zone envahie et qu'il est sans aucune communication avec celle-ci, il est logique de penser qu'au moment de l'essaimage un couple de jeunes imagos est venu se fixer là et a été le point de départ d'une colonie. Les observations de Perris, J. Pérez, Heath et surtout celles plus récentes de J. Feytaud démontrent indiscutablement la possibilité de la création de nouvelles colonies par jeunes couples essaimants. Je n'insisterai pas davantage sur ce premier fait qui n'est d'ailleurs pas celui sur lequel, pour le moment, je désire attirer le plus l'attention.

D'autres fois l'invasion est due à une cause différente, le « bouturage », c'est-à-dire le transport en un endroit sain d'une partie de colonie ancienne, *mais sans apport de sexués ;* là, entrent alors en action des *sexués de remplacement* provenant de *nymphes de deuxième ordre* et qui deviennent ainsi le point de départ d'une colonie nouvelle. La création de telles colonies s'explique facilement aujourd'hui par les travaux de divers auteurs et plus rigoureusement encore par les observations de J. Feytaud.

J'ai pu constater que les « îlots de bouturage » peuvent être situés près ou loin, même parfois très loin de la zone frontière ; le facteur distance n'entre nullement en ligne de compte pour eux. On peut bien trouver aussi

des « îlots d'essaimage » à une grande distance de la région envahie, mais on conçoit qu'il y a, pour ces derniers, une certaine limite à cette distance, limite déterminée par la puissance du vol des jeunes imagos ou encore par la possibilité de leur transport par le vent. C'est là une première distinction à établir entre les deux sortes d'îlots. Il y en a d'autres.

Les « îlots d'essaimage » se constituent d'eux-mêmes; les « îlots de bouturage » sont toujours dus à l'homme. Pour ces derniers, il y a toujours transport, dans un lieu sain, de matériaux infestés pris dans la zone malade, en général. Le plus souvent, ce sont des planches, solives ou poutres, achetées lors des démolitions de maisons termitées et destinées à servir de bois de chauffage ou à être employées, dans un but d'économie, à la réparation ou même à la construction d'immeubles ou de hangars. Quelquefois aussi ce sont des meubles provenant d'une maison envahie et qui, envahis eux-mêmes, portent la maladie dans le nouveau local où on les place. J'ai eu l'occasion d'observer des cas de transplantation de colonies de Termites dues à ces différentes causes; je ne les analyserai pas ici, étant limité par la longueur de cette Note.

Une autre différence, fort importante, entre les deux sortes d'îlots est que la colonisation par bouturage peut être reconnue, en général, bien plus tôt que celle due à l'essaimage [1]. Cela s'explique facilement par le fait que, le plus souvent, dans les bois transportés, la plus grande partie de ceux-ci est déjà minée et que, par suite, le travail des Termites y est plus ou moins avancé; il s'étend même sur une assez grande étendue si, avec ces bois, on a construit un hangar, un plancher, etc. Il m'a été cité des cas où cette constatation a été faite relativement assez tôt.

Prise à temps et traitée avec énergie, l'invasion par le bouturage cède le plus souvent, sans aucun dommage pour le reste de l'immeuble, comme, plusieurs fois, j'ai pu m'en rendre compte (cas d'un plancher, d'un meuble, etc.). Mais si rien ne vient inquiéter la nouvelle colonie et si celle-ci peut prospérer en paix, elle s'étend peu à peu; en même temps, en des points voisins, se créent de nouvelles taches par essaimage, dont les premiers venus sont l'origine, et qui augmentent d'autant l'étendue de la partie envahie. A ce propos, je puis citer le fait suivant qui me paraît assez démonstratif : un faubourg de La Rochelle n'avait pas autrefois de Termites, comme d'ailleurs n'en ont pas encore aujourd'hui les communes qui l'avoi-

(1) Bien entendu, je n'ai ici en vue que les îlots charentais, car je ne puis pas faire entrer en ligne de compte les taches termitées des régions que je n'ai pas visitées.

sinent. Il y a quelques années on y construisit et l'on répara un certain nombre d'immeubles, très souvent en se servant de matériaux de démolitions de maisons rochelaises. La conséquence de cette manière de faire est qu'actuellement le faubourg est termité en bien des endroits.

La possibilité de la formation d'une colonie nouvelle par le bouturage est bien connue de la population charentaise. Aussi, dans bien des cas, se refuse-t-elle à employer d'anciens bois pour les constructions nouvelles ou même pour de simples réparations. C'est ce qui vient de se produire, par exemple, à La Rochelle, cette année même, lors de la démolition d'immeubles nécessitée par la construction de la nouvelle gare de l'État.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fermentation butylène-glycolique du glucose par les staphylocoques et les tétragènes.* Note de M. **M. Lemoigne**, présentée par M. E. Roux.

J'ai montré que les bactéries du groupe du *B. subtilis*, pour assimiler les hydrates de carbone et les alcools supérieurs, leur font subir une fermentation butylène-glycolique aérobie ([1]). J'ai poursuivi la recherche de cette fermentation chez d'autres espèces microbiennes, en tenant compte des faits consignés dans la littérature au sujet de la production d'une substance volatile, réductrice vis-à-vis de la liqueur de Fehling. MM. Achard et Gaillard ont signalé la formation d'un tel produit par les staphylocoques et les tétragènes ([2]) et le considérèrent comme un composé aldéhydique. J'expose dans cette Note les résultats que m'ont donnés ces bactéries à ce point de vue.

Ces organismes attaquent les hydrates de carbone, mais lentement, et ne se développent que s'ils ont à leur disposition une abondante réserve d'aliment organique azoté. Mes essais ont été faits dans les milieux suivants :

Milieu A.		Milieu B.	
Bouillon de haricots...	1000^{cm^3}	Bouillon de haricots....	330^{cm^3}
Glucose..............	30^g	Bouillon de panse de porc	670^{cm^3}
Carbonate de chaux...	2^g	Glucose..............	30^g
		Carbonate de chaux....	2^g

([1]) Lemoigne, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 392; *Thèse de Doctorat*, Paris, 1913.

([2]) Achard et Gaillard, *Archives de Médecine expérimentale*, t. XI, 1899, p. 96.

Je me suis servi d'un *staphylococcus pyogenes aureus* de la collection de l'Institut Pasteur.

Les cultures sont faites dans 500^{cm^3} de bouillon placés dans des flacons Fernbach d'un litre et maintenus à 30°.

Dans le milieu A, peu riche en azote, le développement est faible. Après 9 jours, il y a eu $0^g,150$ de glucose détruit pour 500^{cm^3}. Après 63 jours, la combustion du sucre n'est pas plus avancée. Le milieu B est plus favorable : $4^g,890$ de glucose pour 500^{cm^3} ont disparu après 6 jours, et $6^g,788$ après 54 jours.

Les cultures, après avoir été saturées par un peu de soude, sont distillées dans le vide, au bain-marie à 50°. Les distillats réduisent la liqueur de Fehling, le bleu de méthylène en milieu alcalin et le bichromate de potasse en présence d'acide sulfurique. Leur pouvoir réducteur est faible. Le Tableau suivant contient les résultats de trois de mes essais :

Milieux.	Durée en jours.	Cuivre réduit, pour une culture de 500^{cm^3}, en milligrammes.	Acétylméthylcarbinol pour 500^{cm^3}, en milligrammes.
1 (milieu A).....	9	247	85
2 (» A).....	63	190	66
3 (» B).....	54	788	276

Ces distillats sont lévogyres : dans l'expérience 3, pour un tube de 4^{dm}, on obtenait une déviation de $-13'$. Ils donnent, à froid, la réaction de l'iodoforme, ne recolorent pas la fuchsine décolorée, mais présentent les réactions des composés cétoniques.

J'ai préparé l'osazone à l'aide de la phénylhydrazine en milieu acétique. Elle présente, avant toute purification, l'aspect de feuilles de fougères. Cristallisée dans l'éther ou l'alcool, elle donne des prismes plus ou moins allongés, souvent maclés. Sa solution éthérée, exposée à l'air, se colore en rouge et dépose des aiguilles feutrées, rouge foncé. Lavée à l'alcool, puis desséchée dans le vide, elle fond exactement à 243°-244°. Mise en suspension dans l'eau additionnée d'acide chlorhydrique elle donne, après 15 minutes d'ébullition, du biacétyle qu'on peut concentrer par rectification et dont la couleur verte est caractéristique. L'osazone est donc celle du biacétyle $CH^3 - CO - CO - CH^3$.

La rectification directe de ces distillats ne donne pas de cette dicétone ; leur pouvoir rotatoire exige, d'autre part, la présence d'un corps actif ; ils contiennent donc de l'acétylméthylcarbinol $CH^3 - CO - CH.OH - CH^3$ formé par le staphylocoque.

J'ai recherché le 2.3-butylène-glycol $CH^3 - CH.OH - CH.OH - CH^3$ par la méthode que j'ai indiquée au sujet du *B. subtilis* ([1]). J'ai toujours trouvé un produit difficilement entraînable par la vapeur d'eau, non réducteur, mais donnant un produit réducteur après oxydation à l'eau de brome, comme le ferait le butylène-glycol. Ce produit oxydé donne une osazone ayant la même forme cristalline que celle du biacétyle. Mais par suite de sa faible quantité, je n'ai pu en déterminer le point de fusion. Il y a donc très probablement du 2.3-butylène-glycol, mais je n'ai pu le caractériser de manière rigoureuse.

Avec un staphylocoque blanc et un tétragène blanc, j'ai obtenu les mêmes résultats.

Les staphylocoques et les tétragènes sont donc des ferments butylène-glycoliques. La fermentation butylène-glycolique, caractérisée par la formation du 2.3-butylène-glycol ou par celle de l'acétylméthylcarbinol qui en dérive par perte d'hydrogène, apparaît ainsi comme une des plus répandues.

Elle est, en effet, provoquée par des bactéries nombreuses et variées : le *bacillus tartricus* de Grimbert, les microbes des groupes du *bacillus subtilis* et du *bacillus lactis aerogenes*, le ferment acétique, le *bacillus fermentens* de Ruot ([2]) et enfin les staphylocoques et les tétragènes.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Découverte d'un os de Mammouth gravé, avec figuration humaine, dans le gisement aurignacien supérieur de La Colombière, près Poncin (Ain).* Note de MM. **Lucien Mayet** et **Jean Pissot**, présentée par M. H. Douvillé.

Le rocher de La Colombière, près Poncin, sur la rive droite de l'Ain, est un magnifique abri sous roche pouvant rivaliser avec les plus célèbres stations du sud-ouest de la France.

Long de 50^m, profond en moyenne de 8^m à 10^m et haut de 13^m dans sa partie la plus élevée, cet abri est exposé au Midi, dans une situation exceptionnelle, à 22^m au-dessus du niveau de l'Ain. Aussi, dès 1875, M. Moyret le signalait comme ayant été fréquenté par les préhistoriques. Depuis lors, de nombreux collectionneurs sont venus s'y approvisionner et ont fait disparaître le niveau néolithique, ainsi qu'une partie du niveau magdalénien immédiatement sous-jacent, abaissant le sol primitif d'environ 50^{cm}.

(1) Lemoigne, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1913.

(2) Ruot, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 297.

Nous avons commencé, en avril dernier, à fouiller méthodiquement ce qui était resté intact du dépôt archéologique, et nous avons poursuivi ce travail (encore inachevé) sans interruption durant ces quatre derniers mois. Les résultats obtenus nous paraissent pouvoir être dès maintenant publiés.

Au point de vue géologique, le sol de La Colombière est formé par une terrasse de sables de l'Ain, très fins, légèrement argileux, de couleur jaune ocreux. Par endroits et à diverses hauteurs, se rencontrent, intercalés dans les sables, des éboulis anguleux de la voûte et de la paroi rocheuses.

Accompagnés de M. Ch. Depéret, nous avons pu retrouver cette terrasse, de 20^m à 25^m en divers points de la vallée de l'Ain, en amont de Poncin.

Au point de vue paléontologique, on distingue à La Colombière :

1° Un niveau aujourd'hui superficiel avec faune du Renne associée à une industrie magdalénienne abondante; 2° un niveau profond (séparé du précédent par $0^m,75$ à 1^m de sables stériles) avec Renne moins abondant, Mammouth, Rhinocéros à narines cloisonnées, Cervidés, Carnassiers divers, etc.; 3° au centre de l'abri, au-dessous de la partie la plus élevée de sa voûte qui, de tout temps, a servi et sert encore de gîte à des rapaces nocturnes, existe une énorme accumulation d'ossements de petits animaux explorée sur une hauteur de près de 3^m et paraissant descendre plus bas encore; au milieu de la couche de petits rongeurs et de petits carnassiers (qui dépasse en puissance le gîte célèbre du Schweizerbild) on rencontre un lit de sable plus argileux, avec silex taillés aurignaciens.

Comme espèces actuellement déterminées : *Arvicola amphibius*, *Arvicola arvalis*, *Mus* sp., *Arctomys primigenius*, *Lepus* cf. *variabilis*, *Talpa europea*, *Crocidura aranea*, *Sorex vulgaris*, *Mustela putorius*, *M. vulgaris*, *M. erminea*, *Meles taxus*. A cette faune de Mammifères s'ajoute le *Pyrrhocorax alpinus* et d'autres oiseaux encore indéterminés, des Poissons et des Reptiles.

Au point de vue archéologique, nous signalerons :

Niveau néolithique détruit et dont il ne reste que de rares tessons de poteries grossières, quelques silex et des ossements humains, le tout éparpillé dans le Magdalénien bouleversé par les collectionneurs.

Niveau magdalénien, réduit à une couche ne dépassant plus guère $0^m,30$ à $0^m,40$, intact par places, remanié ailleurs.

Niveau de sables stériles sous-jacent au précédent sur une hauteur de $0^m,75$ à 1^m.

Niveau aurignacien supérieur et *protosolutréen*, daté par plusieurs centaines de silex caractéristiques : lames à dos rabattu, pointes du type de La Gravette, pointes à pédoncules, armatures diverses, grattoirs, racloirs, lames et lamelles retouchées, instruments en os travaillés, etc.; avec aussi quelques très rares pièces à retouche

solutréenne rudimentaire. C'est avec l'industrie de la grotte de la Font-Robert (Corrèze) que nous semble le mieux se paralléliser celle de La Colombière.

Il y a là une constatation intéressante, car, jusqu'ici, l'existence de l'Aurignacien dans la région de l'Ain paraissait assez incertaine. Mais une autre découverte faite dans l'Aurignacien de La Colombière est beaucoup plus importante.

Le 3 octobre dernier, l'un de nous, M. Jean Pissot, travaillant à l'agrandissement de la tranchée ouest, découvrit un véritable atelier de graveur aurignacien enfoui dans le sable fin : burins de types variés, plaques d'os de Mammouth, galets, etc. Plusieurs de ces galets présentent une superposition inextricable de dessins dans l'enchevêtrement desquels on peut reconnaître : un Bison, un Cheval zébré, un Cheval, un Félidé (?); un autre galet brisé de calcaire lithographique porte la gravure de la tête et du dos d'un Mouflon et le rebord du caillou a été habilement sculpté de manière à figurer le museau de l'animal. Une plaque en os supporte des dessins gravés, en grande partie effacés par des frottements. Mais la pièce capitale est une plaque d'omoplate ou d'os coxal de Mammouth, sur laquelle se trouve gravée une figuration humaine.

Si l'on fait exception pour deux ou trois pièces où se trouvent tracées des silhouettes à forme humaine (de telles figurations gravées sont d'une extrême rareté dans le Quaternaire), *il est permis de dire que nous apportons le premier document représentant, en gravure, l'Homme du Quaternaire moyen.*

Le dessin est d'une extrême netteté, mais il est assez malaisé de le décrire.

Un homme est étendu sur le dos. Au-dessus de lui est placé, verticalement, le corps d'une femme. Le bras droit de l'homme s'élève verticalement et la main, les cinq doigts écartés, vient s'appliquer sur le ventre du corps féminin dont la cuisse droite passe en dehors du corps masculin.

Le profil de l'homme tracé ici diffère absolument du type de Néanderthal-Spy et rappelle dans une large mesure le crâne de Chancelade : la tête assez volumineuse a un front bombé, s'élevant un peu obliquement, une face très haute, comme étirée de bas en haut, et nettement prognathe; le menton apparaît proéminent et porte une courte barbe indiquée par de petites hachures; le nez est long, très gros; l'œil, indiqué par deux traits courbes, a une expression indéfinissable; la pilosité du tronc est représentée abondante et la plaque se trouve sectionnée au niveau du ventre.

Le contour féminin ne rappelle que d'assez loin les énormes matrones

callipyges, aux seins et aux cuisses extraordinairement volumineux que les sculptures aurignaciennes de Brassempouy, de Villendorf, de Laussel, nous ont fait connaître. Toutefois, si la partie supérieure du tronc (terminée par le rebord de la plaque au milieu du sein droit) est relativement élancée, presque gracile, si son galbe traduit un corps juvénile, il faut bien constater que le bassin a un contour fortement accentué, que la largeur de la cuisse est de proportions excessives et font penser à un certain degré de stéatopygie.

Avant d'employer cette large plaque (15^{cm} sur 17^{cm}) au dessin que nous venons de signaler, l'artiste aurignacien avait tracé l'esquisse d'un bois de renne, d'un poisson (?), d'un ours (?) qui transparaissent à peine sous les lignes du sujet principal.

De cette plaque gravée (qui sera certainement l'objet d'interprétations très différentes et peut-être fantaisistes) nous voulons simplement retenir une preuve de l'existence, dans le Quaternaire moyen, d'une humanité déjà très évoluée dans sa forme physique, dont nous apportons la première figuration tracée au burin, avec l'habileté que nous avons admirée jusqu'ici dans les nombreuses gravures d'animaux exécutées par les premiers chasseurs de l'époque du Renne.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de la Haute-Tarentaise.* Note de M. **Jean Boussac**, présentée par M. Pierre Termier.

Les terrains qui constituent les massifs de la Haute-Tarentaise sont déjà bien connus, grâce aux travaux de Marcel Bertrand dans cette vallée et à ceux de Pierre Termier dans la région voisine et analogue de la Vanoise : Permo-Houiller métamorphique, Trias divisé de bas en haut en quartzites, marbres phylliteux et calcaires, enfin Schistes lustrés. La tectonique avait fait l'objet d'études déjà anciennes (1894) de Marcel Bertrand. Depuis, Pierre Termier nous a appris (1899 et 1907) que le Briançonnais, la zone houillère et la Vanoise sont *pays de nappes*. Pour lui, toute la région est « un gigantesque empilement de nappes, couchées les unes sur les autres par un seul et même phénomène de laminage : toutes viennent de l'est ». Et sur ses coupes d'ensemble, comme sur celles publiées plus tard par Émile Argand, le Permo-Houiller de la Vanoise est rattaché à celui de la zone houillère, c'est-à-dire à la nappe du Grand-Saint-Bernard, définie, comme

l'on sait, par Lugeon et Argand, comme le prolongement, dans les Alpes pennines, du Briançonnais et de la zone houillère.

Les observations que j'ai faites l'été dernier, pour les levés de la feuille de Tignes au $\frac{1}{50000}$, tout en confirmant l'existence de grands charriages dans cette partie des Alpes, m'ont amené à modifier légèrement ces conceptions. Voici les faits nouveaux découverts :

Tout d'abord, c'est l'existence de deux fenêtres en amont de Val d'Isère, entre ce village et celui du Fornet. Le terme le plus profond que l'on voit affleurer dans cette vallée, au centre des anticlinaux, est fait des calcaires du Trias supérieur, et sur ces calcaires vient une nouvelle série stratigraphique, qui comprend tout le Trias, avec les quartzites à la base, et les Schistes lustrés. Cette série *normale*, mais affectée de nombreux replis, est charriée sur les calcaires, et constitue une immense nappe de recouvrement, qui forme tous les hauts massifs entourant Val d'Isère, la Grande Sassière, le Dôme et la Tsanteleina, l'Iseran, Méan-Martin, la Sana, la Grande-Motte, Bellevarde, la Tovière, les Rochers-Rouges, etc.

Or, si l'on se dirige vers le Nord ou vers l'Ouest, on constate que les quartzites ou les marbres phylliteux qui, suivant les points, forment la base de cette série secondaire, viennent reposer normalement sur des micaschistes paléozoïques, à Entre-Deux-Eaux, par exemple, ou au Dôme de la Sache. Autrement dit, la nappe se complète, vers le Nord et l'Ouest, par un nouveau terme, qui n'est pas autre chose que le Permo-Houiller de la Vanoise et du Mont-Pourri.

En Vanoise, la nappe, profondément enfouie, ne laisse voir que les complications de son flanc normal. Mais elle se relève vers le Nord, et sous le Mont-Pourri, deux fenêtres incontestables permettent de démontrer son charriage. L'une est située dans la vallée de l'Isère et visible dans l'escarpement qui domine au Sud-Est le village des Brévières : un affleurement, à peu près horizontal, de Trias, montrant à la base des marbres phylliteux, et au sommet des calcaires, est recouvert et entouré de toutes parts par les micaschistes du Mont-Pourri, qui plongent périclinalement autour de lui. L'autre fenêtre, dessinée d'ailleurs sur la Carte de Marcel Bertrand, est située dans le vallon de Peisey, près du front nord-ouest de la nappe; elle a la forme d'un synclinal triasique complètement retourné, dont la charnière se ferme vers le haut, et qui traverse la vallée du SW au NE à la hauteur du hameau des Planches en filant en tunnel, de part et d'autre, sous les micaschistes paléozoïques. Ce synclinal doit être en continuité souterraine avec le Trias qui borde au NW les massifs de l'Aiguille du Midi et du Mont-Pourri, et il nous révèle l'allure plongeante du front de la nappe.

Ainsi donc les micaschistes du Mont-Pourri, et, *a fortiori*, ceux de la Vanoise, avec lesquels ils sont en continuité, ne sont pas en repos stratigraphique normal sur le Houiller de la nappe du Grand-Saint-Bernard; ils en sont séparés, du reste, depuis Champagny jusqu'aux approches de Sainte-Foy-Tarentaise, par une bande continue de Trias, qui se comporte

en gros comme une courbe de niveau ; et là où, comme dans les environs de Sainte-Foy, la bande de Trias vient à disparaître, on peut encore reconnaître la surface de charriage, les deux termes en contact se distinguant précisément par les mêmes caractères qu'indiquait Pierre Termier en 1891 pour différencier le Houiller du Permien, c'est-à-dire par le degré différent du métamorphisme. La série inférieure n'a été qu'incomplètement recristallisée, et le grain de la roche, souvent gréseux ou conglomératique, y est encore reconnaissable; dans la série supérieure, au contraire, on ne distingue plus que des quartzites phylliteux et des micaschistes très souvent verdâtres et violacés, et parfois même des gneiss et des amphibolites, en sorte que « le faciès général prend un caractère archéen beaucoup plus prononcé ». Mais l'hypothèse à laquelle on est maintenant amené, c'est que les deux séries, au lieu de représenter les deux termes, houiller et permien, d'une même succession stratigraphique, constituent chacune une série permo-houillère, la plus élevée, celle du Mont-Pourri, étant charriée sur l'autre et s'en distinguant par son métamorphisme plus accentué.

En résumé, il me paraît que les massifs de la Haute-Tarentaise sont constitués par une nappe de recouvrement distincte de celle du Grand-Saint-Bernard, plus élevée et plus métamorphique, originaire par conséquent d'une zone plus interne, et que je propose d'appeler *nappe du Mont-Pourri*. Il appartiendra aux recherches futures de déterminer son extension vers le Nord et vers le Sud.

HYDROLOGIE. — *Remarques au sujet des expériences avec la fluorescéine.* Note de M. F. **Dienert**, présentée par M. A. Müntz.

La fluorescéine est la matière colorante le plus employée pour déceler les communications possibles entre un lieu de contamination et une source ou un puits.

Mais il arrive quelquefois, même en employant une forte dose de matières colorantes, que l'expérience est négative. Avec justes raisons, on fait toujours des réserves sur les conclusions à tirer de toute expérience négative, soit que la fluorescéine mette des semaines avant de s'écouler à la source, soit qu'elle se dilue trop pour être malgré tout décelable, soit qu'elle vienne émerger dans les alluvions et ressortir lentement sous le lit de la rivière, soit

enfin qu'elle aille ressortir par une source cachée dans une rivière plus ou moins éloignée du bassin dans lequel on opère.

Observer toutes les sources d'une vaste région, ou encore observer longtemps une ou plusieurs sources, occasionne des frais considérables, quelquefois peu en rapport avec le but à atteindre. Il y a cependant grand intérêt à connaître les points de réapparition de la fluorescéine.

Observer la coloration d'une rivière, si la fluorescéine est très diluée, est une opération susceptible d'erreur, en raison même de la présence, indiquée précédemment par nous, de matières fluorescentes naturelles dans les eaux superficielles.

Nous indiquons, en raison du grand intérêt que présente cette question, un moyen simple et commode de retenir la fluorescéine contenue dans un grand volume d'eau et de la remettre en liberté au moment où on le désire.

Ce procédé, que nous étudierons en détail dans un autre recueil, consiste à faire passer l'eau contenant la fluorescéine et additionnée de 1^g par litre d'acide sulfurique, sur du sable des alluvions de la Seine, préalablement lavé à l'eau acidulée. La fluorescéine est retenue sur ce filtre spécial. Il ne faut pas employer trop d'acide, sinon une partie de la fluorescéine échappe à l'action d'adsorption du sable. Une filtration à travers l'alumine, faite dans les mêmes conditions, ne retient pas la matière colorante.

On remet facilement en dissolution la fluorescéine retenue, en traitant le sable par de l'eau chargée d'ammoniaque pour neutraliser l'acide.

Par ce moyen, on peut donc arrêter et concentrer facilement la fluorescéine contenue dans l'eau des grandes rivières, où elle est difficilement décelable à cause de sa trop grande dilution et qu'une évaporation au bain-marie détruirait complètement.

Nous espérons, grâce à ce capteur de fluorescéine, résoudre quelques problèmes d'hydrologie que l'absence de procédés pratiques de cette sorte nous avait empêché d'aborder jusqu'ici.

A 4 heures l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la quatrième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. **Depéret**
En deuxième ligne, par ordre alphabétique	MM. **Duhem** **Gosselet**
En troisième ligne, par ordre alphabétique	MM. **E. Cosserat** **Fabre** **Maupas**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 13 octobre 1913.

Nécrologie de Victor Dwelshauvers-Dery, par H. Hubert. (Extr. de la *Revue universelle des Mines;* 5e série, t. II, juin 1913.) Liége, imp. Ch. Desoer; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Atlas des Orchidées cultivées, par Julien Costantin, Membre de l'Institut, contenant 1000 figures en couleurs, accompagnées d'un texte avec dessins en noir, contenant l'organisation des Orchidées, leur histoire, les caractères des principaux genres cultivés, avec des renseignements complets sur leur culture et leur germination; fasc. 3-10. Paris, E. Orlhac, s. d.; 6 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Researches in magneto-optics, with special reference to the magnetic resolution of spectrum lines, by P. Zeeman. Londres, Macmillan et Cie, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Mission Chari-Lac Tchad (1902-1904). *Études sur la flore de l'Afrique centrale française* (bassins de l'Oubangui et du Chari), par Aug. Chevalier, Chef de la Mission; Tome I : *Énumération des plantes récoltées*. Paris, A. Challamel, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

Le tremblement de terre de Plombières-Remiremont (1682); *contribution à l'histoire des phénomènes sismiques en France*, par Alfred Uhry. (*Annales de Géographie*, n° 124, 22e année, 15 juillet 1913, p. 300-309.) Paris, Armand Colin; 1 fasc. in-8°.

Annales de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco), publiées sous la direction de M. L. Joubin; t. VI, fasc. 1 : *Determination of the quantity on animal life on the sea-bottom*, by C.-G. Joh Petersen. — Fasc. 2 : *Étude sur les formes larvaires tiluriennes de Poissons apodes, recueillies par le « Thor »*, par Louis Roule. Paris, Masson et Cie, 1913; 2 fasc. in-4°.

Traité de thérapeutique chirurgicale et de technique opératoire, par E. Doyen; t. I-V. Paris, A. Maloine, 1908-1913; 5 vol. in-4°.

Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique; Tome LI : *Volume jubilaire*, 1912. Bruxelles, au siège de la Société, 1913; 1 vol. in-4°.

Expédition antarctique belge. *Résultats du voyage du « S.-Y. Belgica » en* 1897, 1898, 1899. Rapports scientifiques : *Geologie. Petrographische Untersuchungen der Gesteinsproben;* Teil II, von Dragomir Sistek. — *Zoologie. Tuniciers. Caducichordata* (Ascidiacées et Thaliacées), par † Ed. van Beneden et Marc de Selys-Longchamps. Anvers, J.-E. Buschmann, 1912-1913; 2 fasc. in-4°.

Republica oriental del Urugay. *Revista del Ministerio de Industrias;* n° II. Montevideo. 1913; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 28 juillet 1913.)

Note de M. ***R. Briner***, Sur la dissociation des molécules en atomes, considérée comme un des facteurs de la vitesse de réaction :

Page 282, ligne 14 en remontant, *au lieu de* $\frac{1}{100}$, *lire* $\frac{1}{10}$.
Même page, ligne 13 en remontant, *au lieu de* $\frac{1}{1000}$, *lire* $\frac{3}{100}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 OCTOBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. P. Appell s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Mercredi soir, notre Président me faisait porter le billet suivant :

« Je viens d'avoir la très grande douleur de voir Championnière mourir subitement, après avoir donné lecture de son discours pour samedi. Il va m'être impossible de présider à la cérémonie mortuaire, et je n'irai pas à la séance de lundi. »

L'Académie tout entière éprouve la même douleur que son Président, dont l'absence témoigne du coup profond porté à ses affections les plus chères, de maître et d'ami.

Lucas-Championnière avait accepté, avec sa bonne humeur et sa bonne volonté habituelles, de représenter notre Compagnie à la séance publique des cinq Académies. Dans la réunion préparatoire de mercredi dernier, il lut son discours sur la *Trépanation préhistorique*, puis, soudain, s'affaissa, terrassé par un mal que sa belle activité et son apparence d'excellente santé ne laissaient pas soupçonner. Il est mort, comme un soldat à son poste, donnant à ses devoirs d'Académicien ses dernières paroles et son dernier effort.

L'œuvre entreprise par Lucas Championnière, dès sa jeunesse, et poursuivie par lui sans relâche, a été l'entière rénovation de la pratique chirurgicale, par l'application des doctrines scientifiques dues à Pasteur. A

vingt-six ans, après avoir étudié les travaux et fréquenté le service du chirurgien Lister, Championnière se fit, à Paris, l'apôtre et le propagateur des nouvelles méthodes qui, en supprimant l'infection des plaies, ont donné la sécurité dans les opérations les plus graves et ont permis à la chirurgie moderne les hardiesses dont il a lui-même fourni les premiers exemples. Toute sa vie a été consacrée au développement méthodique de cette grande idée initiale. Ses travaux peuvent se résumer sous trois aspects principaux : d'abord l'exposé et la diffusion de la théorie antiseptique, par l'enseignement oral, par les publications, par l'exemple; puis l'établissement de techniques scientifiques pour un grand nombre d'opérations déjà essayées, mais abandonnées comme trop dangereuses avec les anciens procédés; enfin, la réalisation d'opérations entièrement nouvelles et de procédés thérapeutiques nouveaux qui, d'abord vivement contestés, ont aujourd'hui pris rang dans la pratique de tous les pays : tels sont, entre autres, le traitement des fractures par le mouvement et tout un ensemble de belles recherches, qui ont inauguré la chirurgie cérébrale moderne, en faisant partir de notre pays une branche nouvelle de la Science.

Notre confrère a été un grand savant, un grand initiateur, un bienfaiteur de l'humanité; nous l'avons connu, trop brièvement hélas, comme un homme bon et serviable, dont l'aspect robuste et ouvert dénotait une solide constitution, permettant d'espérer, pour lui, comme pour nous, de longs jours d'activité bienfaisante.

Lucas-Championnière faisait partie des Sociétés chirurgicales les plus illustres du monde entier. Avec lui disparaît une des plus pures gloires de notre pays, un des savants français les plus respectés à l'étranger; son nom vivra, dans l'histoire des Sciences, comme celui de l'un des principaux fondateurs de la Chirurgie moderne.

ASTRONOMIE. — *Sur un dispositif de spectrographe à réseau objectif propre à la mesure des vitesses radiales.* Note de M. **Maurice Hamy.**

L'idée de l'appareil dont il s'agit repose sur une formule des réseaux plans que je vais établir.

Dans le but de fixer l'esprit, j'admettrai que le réseau employé agit par réflexion.

Appelons ψ l'inclinaison d'un faisceau parallèle de lumière de longueur d'onde λ sur un plan P_1 perpendiculaire aux traits du réseau; ω l'angle

inférieur à un droit, en valeur absolue, compris entre un premier plan P_2 parallèle à la fois aux traits du réseau et aux rayons lumineux incidents et un second plan P_3 parallèle aux traits du réseau et normal à ce réseau.

Les rayons diffractés par le réseau sont : 1° inclinés de l'angle $-\psi$ sur le plan P_1 ; 2° parallèles à des plans P_4 perpendiculaires au plan P_1 et faisant avec le plan P_3 des angles θ fournis par la relation rigoureuse

$$\sin\theta + \sin\omega = \frac{k\lambda}{(a+b)\cos\psi}, \tag{1}$$

dans laquelle $a+b$ désigne la distance des centres d'un trait opaque et d'un trait réfléchissant consécutifs du réseau et k un entier positif ou négatif dont les diverses valeurs correspondent aux spectres multiples fournis par l'instrument.

Considérons deux spectres relatifs aux valeurs k_1 et k_2 de k et les directions θ_1, θ_2 correspondantes. On a, en vertu de l'équation (1),

$$\sin\theta_1 + \sin\omega = \frac{k_1\lambda}{(a+b)\cos\psi},$$

$$\sin\theta_2 + \sin\omega = \frac{k_2\lambda}{(a+b)\cos\psi};$$

d'où

$$\sin\theta_2 - \sin\theta_1 = \frac{(k_2-k_1)\lambda}{(a+b)\cos\psi}, \tag{2}$$

équation indépendante de ω.

Soit maintenant un second faisceau monochromatique de longueur d'onde λ' voisine de λ, faisceau incliné du même angle ψ sur le plan P_1, mais pouvant ne pas être parallèle au plan P_2. On aura pour le second faisceau

$$\sin\theta'_2 - \sin\theta'_1 = \frac{(k_2-k_1)\lambda'}{(a+b)\cos\psi}. \tag{2'}$$

Des relations (2) et (2′) on déduit la suivante :

$$\cos\frac{\theta'_2+\theta_2}{2}\sin\frac{\theta'_2-\theta_2}{2} - \cos\frac{(\theta'_1+\theta_1)}{2}\sin\frac{\theta'_1-\theta_1}{2} = \frac{(k_2-k_1)(\lambda'-\lambda)}{2(a+b)\cos\psi},$$

sur laquelle est fondée la théorie du spectrographe dont je veux parler maintenant.

Je suppose qu'on dispose d'un réseau donnant deux spectres de même intensité, pour une incidence convenable.

Devant ce réseau, installons deux chambres photographiques propres à

enregistrer les spectres en question. Sur le bâti de la monture, on fixera : 1° un chercheur destiné à suivre l'astre dont on veut avoir la vitesse radiale; 2° un collimateur muni d'un miroir pouvant être écarté et remis en place à volonté (la stabilité complète de ce miroir n'est pas nécessaire). La fente du collimateur doit être tournée de façon à se présenter à peu près parallèlement aux traits du réseau, après réflexion sur le miroir; le miroir lui-même, une fois amené dans la position d'utilisation, doit être orienté de façon à envoyer le faisceau issu du collimateur dans une direction voisine de celle de l'axe du chercheur.

Voyons comment un pareil dispositif peut servir à la détermination des vitesses radiales des étoiles. Supposons d'abord le spectrographe parfaitement rigide. On verra ensuite comment on doit opérer dans l'hypothèse contraire.

L'appareil étant installé sur un support équatorial, dirigeons-le sur l'étoile à étudier et maintenons l'image en place dans le chercheur, en agissant sur les organes de rectification du support. La pose faite, amenons le miroir dans la position d'utilisation et éclairons la fente avec une source de comparaison donnant un spectre bien connu. La seconde pose terminée, on se trouve en possession de deux clichés portant chacun deux spectres permettant d'obtenir la solution du problème que nous avons en vue, problème qui revient à déterminer λ connaissant λ'.

Choisissons, en effet, une raie déterminée du spectre stellaire sur les clichés 1 et 2 et une raie de comparaison voisine.

Mesurant micrométriquement, sur chacun des deux clichés, la distance des raies en question, on en déduit les valeurs précises des petites différences $\theta'_2 - \theta_2$ et $\theta'_1 - \theta_1$. Le petit angle ψ étant connu, d'après la position des spectres sur les clichés, l'équation (3) permet de calculer λ en fonction de λ', si l'on possède les valeurs approchées de $\cos\frac{\theta'_2+\theta_2}{2}$ et de $\cos\frac{\theta'_1+\theta_1}{2}$.

Il y a deux moyens de déterminer ces cosinus.

En premier lieu, les données de construction du spectrographe étant connues, après étude préalable de l'appareil, l'incidence sur le réseau des rayons émanant de l'étoile est elle-même connue, au moins approximativement. L'emploi de la formule (1) permet donc de déterminer θ_2, θ_1; θ'_2 et θ'_1, sont ensuite déterminés, en ajoutant à θ_2 et θ_1, les différences mesurées ci-dessus.

Mais on peut procéder autrement.

Mesurons micrométriquement deux raies de comparaison assez éloignées et pouvant d'ailleurs faire partie de spectres d'ordres différents fournis par

le réseau. Appelons α la distance angulaire des deux raies, distance connue d'après ces mesures, on a :

pour la première raie $\sin\theta_1 + \sin\omega = \dfrac{k_1\lambda_1}{(a+b)\cos\psi}$;

pour la seconde raie $\sin(\theta_1 + \alpha) + \sin\omega = \dfrac{k_2\lambda_2}{(a+b)\cos\psi}$;

d'où

$$\cos\left(\theta_1 + \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{k_2\lambda_2 - k_1\lambda_1}{2(a+b)\cos\psi\sin\dfrac{\alpha}{2}}.$$

Cette équation fera connaître θ_1. Mais, pour avoir de bons résultats, en opérant de la sorte, il faut que l'angle α dépasse plusieurs degrés. Autrement, une petite erreur sur α entraînerait une erreur de quelque importance sur la valeur de $\cos\left(\theta_1 + \frac{\alpha}{2}\right)$.

On peut, au surplus, augmenter la précision en comparant la raie de longueur d'onde λ_1 à plusieurs autres raies connues, comme il vient d'être dit.

Ce qui précède suppose, comme nous l'avons dit, que le spectrographe demeure invariable pendant les opérations. Or, même en maintenant le réseau à température constante, il peut arriver qu'il n'en soit pas tout à fait ainsi. Par ailleurs, l'incidence des rayons de l'étoile sur le réseau change constamment, bien qu'on s'efforce de maintenir l'image immobile dans le chercheur.

Pour obvier à ces inconvénients, il faut fractionner les durées d'exposition du spectre de l'étoile et du spectre de comparaison, et avoir soin de croiser les poses partielles de l'un et l'autre spectre.

Dans ces conditions, les raies de chacun des spectres inscrits sur les clichés correspondent à une sorte de moyenne des positions successives qu'elles occupent dans les intervalles de temps pendant lesquels le spectrographe demeure invariable, ainsi que son orientation par rapport à l'étoile.

On peut admettre que, dans des images de cette nature, on pointera le centre de gravité des positions successives (les intensités des images composantes tenant lieu des masses).

Il est aisé de voir que l'équation (3) est applicable à ces centres de gravité. Pour l'établir, il suffit de montrer que l'équation (2) jouit elle-même de cette propriété.

Désignons par Θ et H les angles analogues à θ_1 et θ_2, figurant dans l'équation (2), angles relatifs au centre de gravité des images. Pendant la

première pose, durant laquelle l'incidence est supposée être demeurée constante, les angles de diffraction seront Θ_1 et H_1 très voisins de Θ et H; pendant la seconde pose, les angles de diffraction seront Θ_2 et H_2 très voisins de Θ et H, etc. Or, en appliquant l'équation (2) à ces divers angles, on a

$$\sin\Theta_1 + \sin H_1 = \frac{k\lambda}{(a+b)\cos\psi},$$
$$\sin\Theta_2 + \sin H_2 = \frac{k\lambda}{(a+b)\cos\psi},$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

ou

$$\sin\Theta + \sin H - \frac{k\lambda}{(a+b)\cos\psi} + \cos\Theta\, d\Theta_1 + \cos H\, dH_1 = 0,$$
$$\sin\Theta + \sin H - \frac{k\lambda}{(b+b)\cos\psi} + \cos\Theta\, d\Theta_2 + \cos H\, dH_2 = 0,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

Multipliant la première équation par un facteur m_1 proportionnel à l'intensité de l'image fournie par la première pose partielle, la seconde équation par un facteur m_2 proportionnel à l'intensité de l'image fournie par la seconde pose partielle, etc., et faisant la somme des équations, il vient

$$(m_1 + m_2 + \ldots)\left[\sin\Theta + \sin H - \frac{k\lambda}{(a+b)\cos\psi}\right] + \cos\Theta \Sigma m_i d\Theta_i + \cos H \Sigma m_i dH_i = 0.$$

Or, en vertu de notre hypothèse, les Σ sont nuls, puisque Θ et H sont relatifs au centre de gravité. L'équation se réduit donc à

$$\sin\Theta + \sin H = \frac{k\lambda}{(a+b)\cos\psi}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Il résulte de là que tout ce qui a été dit ci-dessus, en supposant le spectrographe invariable, s'applique encore au cas où il subit de très petites déformations, à condition de fractionner suffisamment les temps d'exposition de la plaque sensible et en croisant les poses partielles relatives au spectre de l'étoile et au spectre de comparaison. Il convient de faire remarquer, d'après ce qui a été dit à propos de l'équation (2), que les petites variations d'incidence relatives au spectre de l'étoile peuvent être tout à fait indépendantes des petites variations d'incidence relatives au spectre de comparaison, sans infirmer en rien cette conclusion. C'est pourquoi peut-on ne pas se préoccuper des dérangements minimes que le miroir subit dans

sa monture, au cours des opérations, bien qu'il y ait lieu pratiquement de le monter de façon qu'il reprenne sa place, aussi exactement que possible, chaque fois qu'on l'utilise pour exécuter les poses partielles du spectre de comparaison.

L'application de la méthode exposée ci-dessus serait grandement facilitée en faisant emploi d'un réseau fournissant seulement deux bons spectres symétriques sous l'incidence sensiblement normale. Avec un pareil instrument, de grande surface comme ceux qu'on arrive à construire aujourd'hui, on réaliserait un appareil présentant, au point de vue lumineux, de sérieux avantages sur le spectroscope à fente, pour la détermination des vitesses radiales et permettant d'opérer simultanément sur plusieurs étoiles. Cet appareil serait d'ailleurs exempt des difficultés inhérentes à l'emploi du prisme objectif, dans cet ordre de recherches, difficultés qui ont été récemment résumées et discutées, dans un intéressant Mémoire [1], par M. F. Schlesinger.

SPECTROSCOPIE. — *Lois relatives à la structure des spectres de bandes et aux perturbations de leurs séries arithmétiques.* Note de MM. **H. Deslandres** et **L. d'Azambuja.**

I. L'un de nous a consacré plusieurs années à l'étude des spectres de bandes et à la recherche des lois qui régissent la répartition des bandes et raies composantes [2]. Le sujet vaut la peine qu'on s'y arrête, puisque le spectre de bandes est l'un des deux modes de vibrations de la matière gazeuse, le second mode étant le spectre de lignes.

De ces deux modes vibratoires, le spectre de lignes, qui est le plus simple, a été le plus étudié. Les raies, peu nombreuses, sont, avec la plupart des corps simples, groupées en doublets et triplets qui sont répartis

(1) *Proceedings American Philosophical Society*, 1913.

(2) Voir Deslandres, *Comptes rendus*, t. **100**, 1885, p. 854; t. **101**, 1885, p. 1256; t. **103**, 1886, p. 376; t. **104**, 1887, p. 972; t. **106**, 1888, p. 842; t. **110**, 1890, p. 742; *Annales de Physique et Chimie*, t. XV, 1888, p. 5; *Journal de Physique*, t. X, 1891, p. 276; *Comptes rendus*, t. **113**, 1891, p. 307; t. **134**, 1902, p. 747; t. **137**, 1903, p. 457 et 1013; t. **138**, 1904, p. 317; t. **139**, 1904, p. 584 et 1174, et t. **140**, 1905, p. 917; la dernière Note étant en collaboration avec d'Azambuja.

suivant une loi générale indiquée par la formule ci-dessous :

$$N = A\left(\frac{1}{(m+\alpha)^2} - \frac{1}{(n+\beta)^2}\right),$$

N étant le nombre de vibrations, A, α, β des constantes, m et n des nombres entiers successifs (d'après Balmer, Rydberg, Kayser et Runge, Ritz, etc.).

Les spectres de bandes, en général faibles et formées de raies nombreuses très rapprochées, exigent des appareils puissants pour leur résolution complète en raies fines; ils ont été négligés pendant longtemps. D'après les recherches de Deslandres, ils sont aussi, comme les précédents, formés par la répétition de doublets, de triplets, ou même de groupements plus complexes, mais cette répétition est réglée par des lois différentes, condensées dans la formule suivante :

$$N = f(n^2, p^2) + (m+\alpha)^2 + B(n+\beta)^2 + \varphi(p^2),$$

f étant une fonction non encore déterminée et φ une fonction qui, dans certains cas, a la forme simple $C(p+\gamma)^2$; B, C, α, β, γ étant des constantes; m, n, p étant les nombres entiers successifs (1).

La figure 1, qui reproduit un dessin inséré déjà dans les *Comptes rendus* de 1887 (t. 104, p. 974), donne une vue d'ensemble de l'un de ces spectres, obtenu avec une faible dispersion qui ne résout pas les bandes en raies fines. Ce spectre, appelé le deuxième groupe de bandes de l'azote, peut être présenté comme le type des spectres de bandes et est le premier sur lequel on ait reconnu les lois simples de distribution des raies et des bandes.

Ces lois, reconnues par l'observation pure, peuvent être résumées brièvement de la façon suivante : Les raies d'une même bande, les bandes d'un même spectre sont divisibles en séries dont les intervalles croissent en progression arithmétique. Ces propriétés sont indiquées dans la formule par ce fait que les paramètres n et p y entrent au carré, et se trouvent non plus au dénominateur, comme dans la formule des spectres de lignes, mais au numérateur. Deux valeurs particulières de n et p donnent la tête ou raie origine d'une bande et les valeurs successives de m donnent ensuite la bande elle-même.

Dans le groupe de l'azote étudié ici, le paramètre p a cinq valeurs, et ces

(1) Chacune de ces deux formules s'applique seulement à la répétition de raies simples. Si le spectre est formé de triplets, on a trois formules très voisines, mais distinctes.

cinq valeurs, combinées avec douze valeurs de n, donnent cinq séries de bandes, qui sont en progression arithmétique et superposables, avec une raison commune égale à $\frac{B}{2}$. Elles sont représentées séparées dans les cases I à V de la figure 1, avec les intervalles égaux des cinq séries.

D'autre part, les raies d'une même bande forment des progressions, dont la raison correspond au facteur $f(n^2, p^2)$ de la formule et varie d'une bande à la suivante. Chaque bande de ce spectre offre deux groupes de triplets, et donc au moins six séries arithmétiques, dont les raisons sont très voisines.

Ces divisions curieuses et la formule qui les résume ont été présentées en 1887 et confirmées en 1904. En même temps la formule a été rapprochée des formules similaires, également à trois paramètres variables indépendants, qui donnent l'ensemble des sons émis par un corps solide vibrant de la façon la plus générale. Les trois paramètres ont les valeurs des nombres entiers successifs, et correspondent aux trois dimensions de l'espace. Tous les problèmes de variations périodiques dans un espace à trois dimensions conduisent à des lois semblables : la formule à trois paramètres correspond au mouvement général d'un volume, qui est le cas le plus fréquent dans la nature, mais le plus difficile à analyser; les formules à deux paramètres et à un seul se rapportent aux cas de la surface et de la ligne vibrante, qui sont les seuls étudiés jusqu'ici en acoustique. Avec la lumière, les conditions sont plus favorables, à cause des appareils puissants dont on dispose, et qui, par exemple, permettent de distinguer et de séparer environ 20000 raies dans le deuxième groupe de l'azote.

Le spectre de bandes apparaît ainsi comme le premier mouvement vibratoire à trois paramètres, étudié par l'expérience, et cette remarque augmente encore le grand intérêt de son étude.

II. La division du spectre de bandes en séries naturelles n'est pas appuyée seulement sur des relations numériques entre les nombres de vibrations des raies, mais aussi sur les perturbations particulières des séries de raies (voir *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 1176). Ces perturbations, déjà signalées en 1885, consistent dans la diminution ou même la disparition de certaines raies des séries ou encore dans leur dédoublement, et elles coïncident en général avec un déplacement des raies des séries par rapport aux progressions exactes.

Parfois, en un point de la bande, plusieurs raies voisines sont diminuées

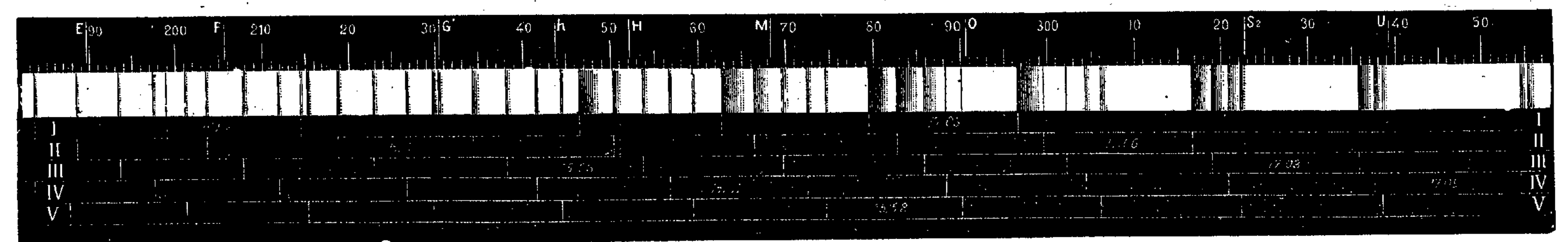


Fig. 1. — Deuxième groupe de bandes de l'azote avec une faible dispersion et en nombres de vibrations (N). Au-dessous les cases horizontales de I à V contiennent les cinq séries arithmétiques égales qui comprennent les raies origines ou têtes de toutes les bandes du spectre. Cette figure 1 est la reproduction exacte d'un dessin des *Comptes rendus* de 1887 (t. 104, p. 974).

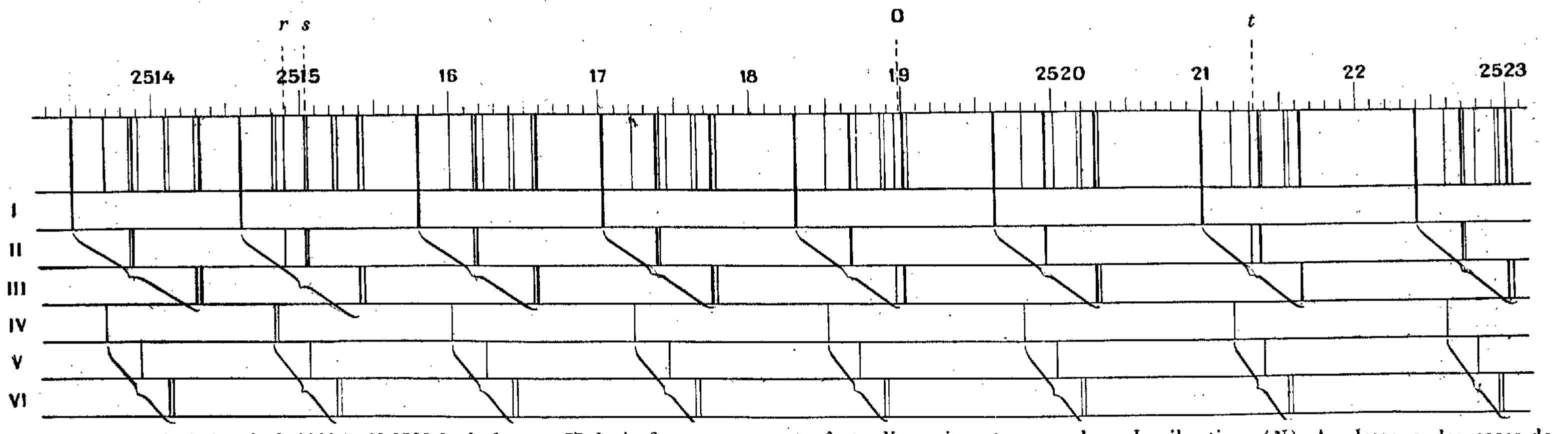


Fig. 3. — Queue de la bande λ 3998,5, N 2500,9, de la case II de la figure 1, avec une forte dispersion et en nombres de vibrations (N). Au-dessous, les cases de I à VI contiennent les six séries arithmétiques qui comprennent toutes les raies de la bande. Les raies anomales ou perturbées, c'est-à-dire affaiblies ou dédoublées, sont indiquées par des lettres. Cette figure doit être rapprochée du dessin des *Comptes rendus* de 1904, t. 138, p. 321), qui donne une autre bande du spectre, obtenue avec une dispersion moindre.

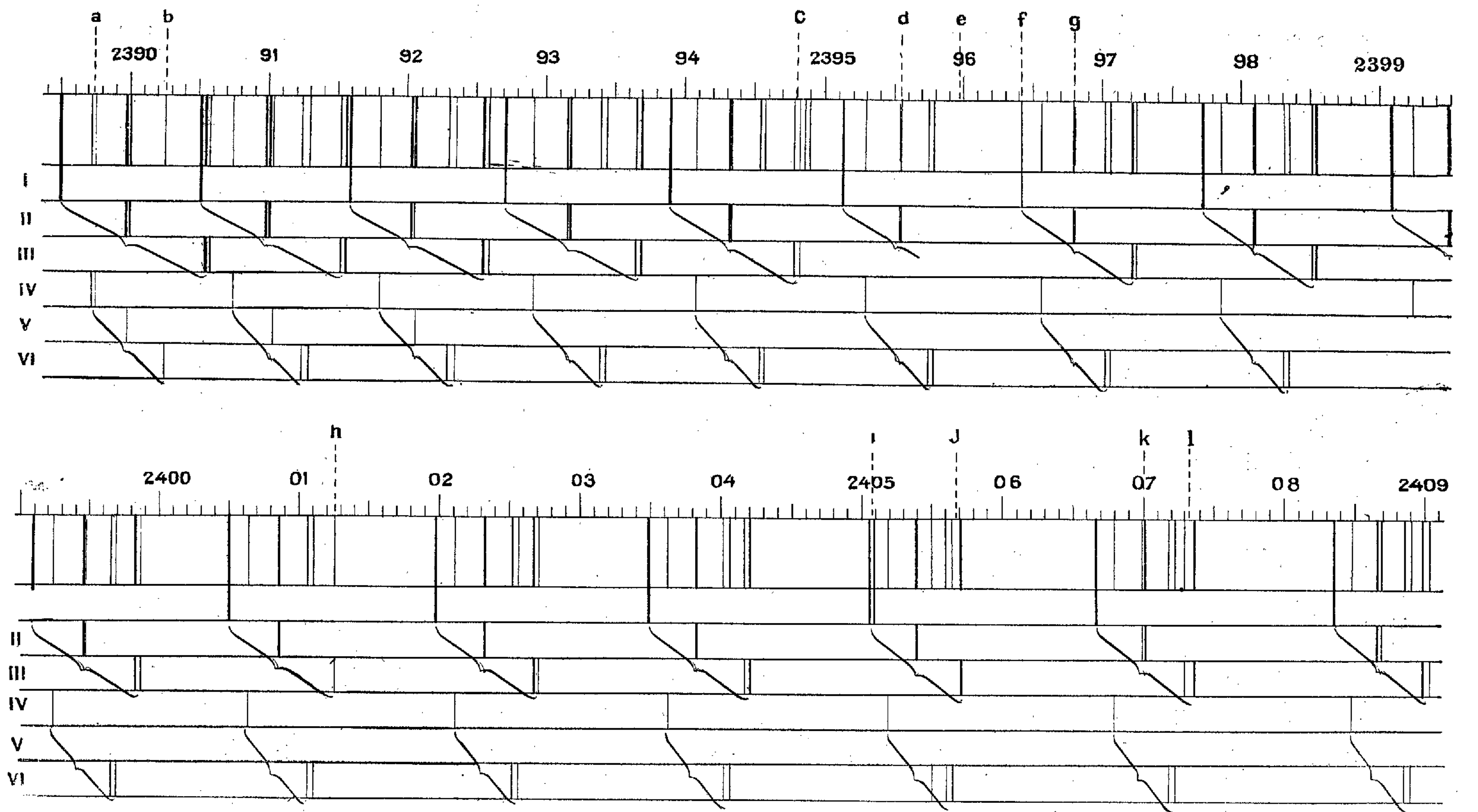


Fig. 2. — Queue de la bande λ 4201,6 N 2380,0 de la case III de la figure 1, en nombres de vibrations (N) et résolue en raies fines avec une très forte dispersion. Au-dessous les cases de I à VI contiennent les six séries arithmétiques qui comprennent toutes les raies de la bande. Les raies anomales ou perturbées, c'est-à-dire affaiblies ou dédoublées, sont indiquées par des lettres. Cette figure doit être rapprochée du dessin des *Comptes rendus* de 1904 (t. 138, p. 321) qui donne une autre bande du même spectre, obtenue avec une dispersion moindre.

Note. — On distingue dans ces bandes des grands triplets et des petits triplets. Ces derniers apparaissent surtout lorsque le gaz est à haute pression.

ou manquantes, et la partie brillante dégradée de la bande offre alors une ligne noire. Ainsi, dans le spectre de la figure 1, non résolu en raies fines, toutes les bandes de la troisième série (case III) ont deux lignes noires de ce genre; les bandes de la série IV en ont une seule. Ces bandes se distinguent ainsi à première vue des autres bandes du spectre avec une faible dispersion, et c'est par elles que la loi de distribution des bandes a été découverte.

Les bandes des autres cases ont des particularités semblables, mais visibles seulement avec une grande dispersion, et, en 1904, Deslandres a posé la loi suivante : « Les bandes qui dépendent d'une même valeur du paramètre p ont les mêmes irrégularités et perturbations ». Cette propriété est curieuse et, quand on y réfléchit, fort importante : jusqu'ici elle a été présentée très brièvement; nous donnons aujourd'hui les résultats d'une étude précise de ces perturbations, poursuivie dans ces dernières années avec des appareils plus puissants que ceux employés en 1886 et 1904.

La progression des appareils a eu une influence frappante sur la reconnaissance du spectre. En 1885, on a seulement un spectrographe à deux prismes ou à réseau, avec une chambre longue au plus de 1^{m}, et l'on distingue dans chaque bande la répétition de triplets qui forment trois séries arithmétiques très voisines. En 1904, le spectrographe est à réseau de 4 pouces et à retour de rayon avec chambre de $2^{m},50$, et l'on trouve non plus une série de triplets, mais deux séries de triplets enchevêtrés, représentées dans un dessin des *Comptes rendus* (t. 138, p. 321), soit en tout six séries de raies numérotées de I à VI, la série III étant même formée de doublets.

En 1911, on a remplacé la chambre de $2^{m},50$ par des chambres de 5^{m} et même de 7^{m}, et surtout on a substitué au réseau un train de trois grands prismes de flint ou un grand prisme de spath. La dispersion est bien plus grande, et le progrès réalisé est indiqué dans les figures 2 et 3 ci-dessus, qui représentent la bande $\lambda\,4201,6$ N 2380,0 de la série de bandes III de la figure 1 et la bande $\lambda\,3998,5$ N 2500,9 de la série de bandes II et doivent être rapprochées du dessin de 1904 [1].

Les séries de raies qui composent chaque bande sont séparées comme

---

(1) La bande du dessin de 1904 est une bande différente, qui appartient à la série I (case I) de la figure 1; c'est la bande ultraviolette $\lambda\,3577$ N 2795,5. Mais toutes les bandes de ce spectre sont semblables et ont la même structure générale.

Les nombres de vibration des figures (2) et (3) ne sont pas absolus et sont seulement provisoires. Ils sont appuyés sur des mesures faites en 1904 avec l'aide de Kannapell.

dans le dessin de 1904; mais, pour montrer les nouveaux détails, il a fallu employer une échelle quatre fois plus grande et donner seulement la queue des bandes. A cette échelle, la bande entière aurait occupé une trop grande place, et le spectre entier aurait une longueur de 38^m.

Si l'on compare au dessin de 1904, on constate que la série de raies III n'est pas la seule à avoir des raies doubles; les séries de raies II et VI ont aussi la même structure, et plusieurs raies des autres séries sont nettement doubles (1).

Cependant Hermesdorf en 1903, Lawton en 1907, avec de grands réseaux concaves de 6 pouces, et, récemment, Hamy avec son interféromètre (2) ont trouvé dans ces bandes seulement des raies simples. Mais leurs appareils ne donnent bien que les raies fortes; les raies faibles peuvent échapper. Or, en général, ces doublets ont des composantes d'éclat inégal, dans le rapport de 1 à 3, et avec cette particularité que les doublets d'une même série, qui se suivent, ont alternativement leur raie forte du côté rouge et du côté violet. Il est probable que, conformément à la prévision de 1904, une dispersion encore plus forte montrera la duplicité de toutes les raies.

Les appareils actuels assurent aussi une étude meilleure des perturbations. Dans la bande N2380, qui est une bande de la série de bandes III de la figure 1, les raies marquées *c*, *d*, *e*, *f*, *g* sont affaiblies; d'où le trou qui a été constaté dans la bande avec une faible dispersion, et qui a conduit à la loi de distribution. Plus loin, la raie *h* est fort affaiblie; puis les raies *a*, *i*, *k*, *l* sont des doublets anormaux; enfin les raies *b* et *j* sont simples au lieu d'être doubles.

Or, et c'est là un point sur lequel nous insistons, les autres bandes de la série de bandes III, au nombre de 9, qui dépendent de la même valeur du paramètre *p*, ont les mêmes perturbations, séparées par les mêmes intervalles et aux mêmes triplets. Les dix bandes de la série IV offrent le même phénomène dans des conditions identiques (3).

(1) Ces dédoublements ont leur importance, car on est porté à admettre que le nombre des séries arithmétiques de la bande est égal au nombre des atomes.

(2) Hermesdorf, *Annalen der Physik*, t. XI, 1903, p. 161; Sawton, *American Journal of Science*, t. XXIV, 1907, p. 101; Hamy, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 254.

(3) Les séries de bandes du spectre et les séries de raies de chaque bande sont représentées dans des cases distinctes, qui sont numérotées de la même manière de I à VI; d'où une certaine confusion. Aussi spécifions-nous s'il s'agit de séries de

La figure 2 donne une bande de la série de bandes II et ses perturbations, qui exigent une grande dispersion. Les raies *r*, *s*, *o* et *t* sont anormalement doubles, et, en dehors du dessin, la raie la plus réfrangible du huitième triplet après la raie *t* est très affaiblie. Toutes ces particularités se retrouvent à la même place, aux mêmes triplets, dans les neuf bandes de la série II.

En résumé, les cinq séries de bandes, des cases I à V de la figure 1, qui correspondent aux cinq valeurs du paramètre *p* et qui comprennent toutes les bandes du spectre, sont, à tous égards, des séries naturelles (¹). La loi des perturbations, énoncée ci-dessus et bien reconnue pour le deuxième groupe de l'azote, a été vérifiée aussi avec le groupe négatif de l'azote, et, dans un premier examen, elle a paru également applicable à d'autres spectres de bandes; mais la vérification précise, qui exige une grande dispersion, est nécessairement longue.

D'autre part, Henri Becquerel et Deslandres ont annoncé, en 1898, que les raies du deuxième groupe de l'azote, émises dans un champ magnétique, ne subissent pas la division Zeeman. Puis, récemment, Fortrat (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1461) a étudié ces mêmes raies dans un champ magnétique plus puissant (jusqu'à 48000 gauss) et a trouvé que les raies étaient, non divisées, mais déplacées, et que les doublets étroits se réunissaient en une raie unique. Il cite en particulier un doublet assez large de la bande ultraviolette λ3159 N3166, la dernière de la case II (*fig.* 1); or ce doublet correspond justement au doublet anormal *t* de la queue de la bande N2500,5, représentée dans la figure 3. Il est probable que tous les doublets similaires des autres bandes de la même série (case II de la figure 1) présentent aussi le même phénomène.

L'étude avec une forte dispersion des anomalies offertes par les séries de raies, d'une part, contribue à nous faire connaître la structure générale du spectre, et, d'autre part, révèle des raies irrégulières, déviées dans le spectre ordinaire, et probablement aussi les plus déviables par le champ magnétique ou la pression.

---

bandes ou de séries de raies. Les séries de bandes se trouvent dans la figure 1 seule, et les séries de raies dans le dessin de 1904 et dans les figures 2 et 3.

(¹) Dans les cinq séries de bandes, les largeurs des triplets ont aussi des différences qui sont caractéristiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réfraction et rotation magnétique des composés à fonction acétylénique*. Note de MM. **Ch. Moureu, P.-Th. Muller** et **J. Varin**.

Il y a quelques années, l'un de nous publiait un Mémoire sur la réfraction et la dispersion moléculaires des composés à fonction acétylénique (¹). On mettait en évidence, dans cette étude, l'influence qu'exerce sur l'exaltation de la réfraction moléculaire la proximité plus ou moins grande de la triple liaison et des autres radicaux négatifs ou peu saturés.

Il était intéressant d'entreprendre un travail analogue en mesurant la rotation magnétique de certaines molécules acétyléniques. Le pouvoir rotatoire magnétique présente, en effet, de grandes analogies avec la réfraction, et ces deux propriétés optiques offrent fréquemment un parallélisme remarquable. Analogie n'est pourtant pas identité. Comment va se répercuter sur la rotation magnétique la conjugaison de la triple liaison et des radicaux non saturés ?

Pour faciliter la comparaison, nous avons uniformisé autant que possible la technique et le calcul de nos mesures. Celles-ci ont été exécutées en lumière jaune du sodium et à la température invariable de 25°, aussi bien pour la réfraction que pour la rotation magnétique. Le même échantillon a servi dans les deux cas, et, quand nous étions obligés de dissoudre l'un de nos corps (dans l'alcool absolu), nous avions soin d'employer la même solution pour toutes les mesures.

La réfraction est calculée, comme d'habitude, par la formule de Lorenz-Lorentz, et la réfraction théorique est obtenue à l'aide du nouveau Tableau publié récemment par Roth et Eisenlohr (²), sauf cependant pour la valeur de la triple liaison; nous avons tiré celle-ci des indices de réfraction et densités de l'œnanthylidène et du caprylidène de M. Moureu (³), à cause de la grande pureté des échantillons :

	Trouvé.	Calculé.	Différence.
Œnanthylidène........	32,490	30,125	2,365
Caprylidène..........	37,064	34,743	2,321

(¹) Ch. Moureu, *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, t. VII, 1906, p. 536.
(²) *Refraktometrisches Hilfsbuch*, 1911, p. 128.
(³) Ch. Moureu, *loc. cit.*, p. 542.

La moyenne 2,343 sera pour nous l'incrément relatif à la triple liaison. Il est clair que l'exaltation de ces deux carbures sera nulle par définition.

Pour le calcul de la rotation moléculaire, nous avons suivi la marche indiquée par Perkin, c'est-à-dire que nous avons rapporté à l'eau aussi bien les rotations spécifiques que les rotations moléculaires.

Quant aux modules qui permettent d'établir la rotation moléculaire théorique, nous les avons empruntés en partie à la monographie de Schönrock ([1]) ou bien calculés nous-mêmes d'après les données du même Ouvrage.

Voici ces modules :

C............	0,515	C — O (acides)....	0,388
H............	0,254	C — O (éthers-sels).	0,325
O (alcools).....	0,196	NH^2..............	1,256
O (cétones)....	0,364	C^6H^5 ([2])..........	11,00

Faute de mieux, nous avons pris pour le groupe NH^2 des amides la valeur qu'il possède dans les amines primaires.

Le module de la triple liaison se tire également de l'œnanthylidène et du caprylidène.

	Rotation moléculaire		
	trouvée.	calculée.	Différence.
Œnanthylidène.........	8,310	6,653	1,657
Caprylidène..........	9,310	7,676	1,634

La moyenne 1,650 représentera l'influence normale de la triple liaison (en donnant un poids double aux mesures, plus nombreuses, exécutées avec l'œnanthylidène).

Le Tableau suivant résume nos expériences. Il comprend la réfraction moléculaire trouvée et calculée ($\mathfrak{M}_{tr.}$ et $\mathfrak{M}_{calc.}$), la rotation moléculaire trouvée et calculée ($m_{tr.}$ et $m_{calc.}$); la différence de ces nombres est l'exaltation E ou e; nous consignons enfin l'exaltation relative (E pour 100, e pour 100) rapportée à $\mathfrak{M}_{tr.}$ ou $m_{tr.}$ (et multipliée par 100). L'exaltation *relative* permet seule de comparer les effets produits par la triple liaison sur la réfraction et la rotation moléculaires, puisque ces deux grandeurs sont exprimées en unités arbitraires. L'exaltation est d'ailleurs la résultante des actions réciproques de la triple liaison et des autres groupements

([1]) GRAHAM-OTTO, t. I, 1898, 3e Partie, p. 793.

([2]) Moyenne tirée de la rotation des benzène, toluène et éthylbenzène de Perkin (*Zeits. physik. Ch.*, t. XXI, 1896, p. 585).

				$\mathfrak{M}$ tr.	$\mathfrak{M}$ calc.	E.	E p. 100.	*m* tr.	*m* calc.	*e*.	*e* p. 100.
Œnanthylidène	$CH^3(CH^2)^4.C \equiv CH$	M (¹)		32,490	(30,125)	0	0	8,310	(6,653)	0	0
Caprylidène	$CH^3(CH^2)^5.C \equiv CH$	M		37,064	(34,743)	0	0	9,310	(7,676)	0	0
Diacétal acétylénique	$\left(\underset{\text{III}}{C}-CH\langle^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}\right)^2$	M		62,743	62,128	0,615	0,98	13,610	14,060 (²)	—0,450	—3,31
Acide hexylpropiolique	$C^6H^{13}.C \equiv C.COOH$	M		44,684	43,240	1,444	3,23	10,598	10,229	0,369	3,48
Acide phénylpropiolique	$C^6H^5.C \equiv C.COOH$	M	sol. alcool.	44,835	39,639	5,196	11,59	16,659	14,837	1,822	10,94
Amylpropiolate d'éthyle	$C^5H^{11}.C \equiv C.COOC^2H^5$	M		49,198	47,975	1,223	2,49	11,556	11,189	0,367	3,18
Hexylpropiolate d'éthyle	$C^6H^{13}.C \equiv C.COOC^2H^5$	M		53,820	52,593	1,227	2,28	12,576	12,212	0,364	2,89
Hexylpropiolate de propyle	$C^6H^{13}.C \equiv C.COOC^3H^7$			58,639	57,211	1,428	2,44	13,730	13,235	0,495	3,61
Phénylpropiolate de méthyle	$C^6H^5.C \equiv C.COOCH^3$	M		47,911	44,375	3,536	7,38	17,752	15,754	1,998	11,26
Phénylpropiolate d'éthyle	$C^6H^5.C \equiv C.COOC^2H^5$	M		52,597	48,993	3,604	6,85	18,965	16,820	2,145	11,31
Éther acétylène-dicarbonique	$\left(\underset{\text{III}}{C}.COOC^2H^5\right)^2$			42,102	40,393	1,709	4,06	9,617	8,960	0,657	6,83
Acétylphénylacétylène	$C^6H^5.C \equiv C.COCH^3$			46,306	42,732	3,574	7,72	17,646	15,836	1,810	10,26
Propionylphénylacétylène	» C^2H^5			50,827	47,350	3,477	6,84	18,595	16,859	1,736	9,34
Butyrylphénylacétylène	» C^3H^7			55,755	51,968	3,787	6,79	19,911	17,882	2,029	10,19
Isovalérylphénylacétylène	» $i\,C^4H^9$			60,757	56,586	4,171	6,87	21,168	19,011	2,157	10,19
Caproylphénylacétylène	» C^5H^{11}			64,288	61,204	3,084	4,80	21,435	19,928	1,507	7,03
Benzoylphénylacétylène	» C^6H^5		sol. alcool.	71,032	62,220	8,812	12,41	28,413	25,016	3,397	12,23
Amylpropiolamide	$C^5H^{11}.C \equiv C.CONH^2$		id.	42,296	40,519	1,777	4,20	10,650	10,180	0,470	4,41
Phénylpropiolamide	$C^6H^5.C \equiv C.CONH^2$		id.	46,681	41,536	5,145	11,02	18,430	15,815	2,615	14,19

(¹) M désigne les corps que M. Moureu avait déjà étudiés au point de vue des réfraction et dispersion. Les anciens nombres sont en bonne concordance avec les nouveaux.

(²) La rotation moléculaire théorique du diacétal acétylénique a été calculée en partant de la valeur (6,968) trouvée par Perkin pour l'acétal ordinaire (*Chem. Soc.*, t. XLV, 1884, p. 507).

de la molécule; son effet s'ajoute à celui des divers radicaux supposés isolés, et c'est l'ensemble qui produit la réfraction (ou la rotation) observée. Il est donc logique de rapporter l'exaltation relative à cette dernière propriété (réfraction ou rotation).

Un coup d'œil jeté sur le Tableau confirme d'abord les conclusions tirées jadis par M. Moureu : la proximité de la triple liaison et d'un radical négatif (ou peu saturé) donne naissance, dans la série grasse, à une exaltation plus ou moins grande de la réfraction, qui s'accentue beaucoup dans la série aromatique par le voisinage direct de la triple liaison et du groupement phényle.

La rotation est affectée qualitativement de la même manière que la réfraction (sauf pour le diacétal acétylénique qui manifeste une dépression). Mais si l'on consulte la colonne des exaltations *relatives*, on reconnaît que la rotation magnétique est plus sensible que la réfraction à l'influence réciproque des radicaux peu saturés et de la liaison acétylénique. Cette sensibilité se manifeste spécialement dans la série aromatique, où nous avons une *conjugaison* des doubles liaisons du phényl et de la triple liaison ([1]).

L'établissement de règles générales, à peine amorcé pour la réfraction des composés aromatiques, sera plus pénible encore en ce qui concerne la rotation magnétique : cette grandeur dépend à un haut degré de la constitution de la molécule ([2]).

M. G. **Humbert** fait hommage à l'Académie de la traduction, par A. Lévy et Th. Got, de la *Théorie des corps de nombres algébriques* de D. Hilbert, traduction dont il a écrit la Préface et qu'il a annotée.

M. **Henry Wilde** fait hommage à l'Académie de deux brochures intitulées : *On some points of chemical philosophy involved in the discovery of radium and the properties of its combinations*, et *On some new multiple relations of the atomic weights of elementary substances, and on the classification and transformations of neon and helium.*

([1]) La légère infériorité que l'on constate chez deux *solutions* est due à l'action propre du dissolvant, qui se répercute davantage sur la réfraction.

([2]) *Voir* Schönrock, *loc. cit.*, p. 865.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résident, qui devra occuper la quatrième place créée par le Décret du 17 mars 1913.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 56,

M. Depéret obtient	32	suffrages
M. Gosselet »	14	»
M. Duhem »	7	»
M. Fabre »	2	»
M. Stéphan »	1	suffrage

M. Depéret, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

MM. G. Lippmann et Ch. Lallemand sont adjoints à la *Commission des Poids et Mesures*.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de trois candidats qui devra être présentée à M. le Ministre des Finances pour une place d'Essayeur, vacante à l'Administration des Monnaies.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 43,

M. P. Clausmann obtient	40	suffrages
M. Nicolardot »	3	»

Au deuxième tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 37, M. Nicolardot réunit l'unanimité des suffrages.

Au troisième tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de troisième ligne, le nombre de votants étant 35,

M. Merle	obtient.	34 suffrages
M. Mercier	»	1 suffrage

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre des Finances comprendra :

En première ligne	M. **P. Clausmann**
En deuxième ligne	M. **Nicolardot**
En troisième ligne.	M. **Merle**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Service de santé. *Formulaire pharmaceutique des hôpitaux militaires.* Tome II.

2° Le Tome XXI (3e série) des *Annali di Matematica pura e applicata*, qui est dédié à la mémoire de Lagrange.

3° *Le Compte rendu du cinquante-sixième exercice de la* Société de secours des Amis des Sciences.

4° *Les Hydroïdes de l'expédition du Siboga*, par A. Billard.

M. **Abel Flourens**, Conseiller d'État, Président du Conseil d'administration de la Caisse des Recherches scientifiques, fait hommage à l'Académie des *Rapports scientifiques sur les travaux entrepris en* 1912 *au moyen des subventions de la* Caisse des Recherches scientifiques.

ASTRONOMIE. — *Sur un micromètre impersonnel à coïncidences.* Note (¹) de MM. A. **Claude** et L. **Driencourt**, présentée par M. Lippmann.

I. Les observations de passages faites avec un instrument méridien par la méthode dite de *l'œil et de l'oreille* consistent, on le sait, à *estimer* la fraction de l'intervalle des battements du garde-temps qui s'est écoulée, à l'instant du passage de l'image d'un astre par chaque fil du micromètre, depuis le dernier battement. Et *l'équation personnelle* de l'observateur n'est autre chose que la moyenne erreur d'appréciation changée de signe.

II. L'emploi du *chronographe* qui permet de *mesurer* les fractions d'intervalle de battements affranchit de cette erreur, mais il comporte une autre équation personnelle dite *de top*, qui est du même ordre de grandeur que la précédente. Et c'est ce qui explique que, pour des observateurs exercés à la méthode de l'œil et de l'oreille, la supériorité du chronographe n'ait jamais été nettement établie.

Signalons en passant combien il est rare qu'on soit entièrement satisfait d'une observation au chronographe : presque jamais le bruit du top ne coïncide avec le passage de l'étoile par le fil. C'est que l'exactitude avec laquelle on apprécie la coïncidence est très grande. On verra plus loin l'importance de cette remarque.

III. On a cherché à éliminer cette autre équation personnelle en rendant le top automatique. La fonction de l'observateur consiste alors uniquement à maintenir un fil mobile constamment pointé sur l'étoile.

On peut reprocher à ce procédé d'être tributaire du chronographe et, par suite, de participer de ses imperfections. On sait combien le type d'instrument à électros et à plumes laisse à désirer sous le rapport de l'exactitude. Son remplacement par le chronographe imprimant marque plutôt un recul à ce point de vue. Et comme la correction qu'on détermine, lorsqu'on enregistre les observations, est celle du système pendule-chronographe, on se trouve en fait dans le cas d'un observateur qui chercherait la correction d'une pendule à marche capricieuse. Sans doute, ces inconvénients disparaîtront le jour où l'on se décidera à substituer aux

(¹) Présentée dans la séance du 20 octobre 1913.

chronographes actuels des appareils comme les galvanomètres à enregistrement photographique, qui inscrivent très fidèlement les battements électriques du garde-temps. Il n'en restera pas moins qu'on aura, par cette adjonction, compliqué beaucoup celui-ci.

Le procédé présente un autre défaut auquel il sera moins facile de remédier. Le pointé constant du fil mobile sur l'étoile ne peut être réalisé qu'approximativement, même avec le mouvement d'horlogerie qui donne au fil un mouvement de translation uniforme et réglable. On admet que les erreurs de pointé sont purement accidentelles et que, par suite, la moyenne des passages enregistrés est exempte d'équation personnelle. Cette hypothèse ne saurait être entièrement justifiée; en tous cas elle conduit à prendre un grand nombre de passages, 20 ou 40, ce qui allonge notablement le dépouillement des observations.

IV. La suppression de la plus grande partie de l'équation personnelle dans les observations de passages est donc obtenue au prix de graves inconvénients. Ils peuvent être supprimés à la condition de s'engager dans une voie différente de celle suivie jusqu'ici. Au lieu de chercher à déterminer une fraction d'intervalle de battements pour avoir l'heure du passage de l'étoile par un fil horaire de position donnée, on peut se proposer d'amener le fil dans une position telle que le passage de l'image derrière lui coïncide avec un battement. Il n'y aura alors qu'à noter le battement de coïncidence et à déterminer la position du fil, opération qui peut se faire tout à loisir.

Imaginons pour cela un cadre de micromètre formant un parallélogramme articulé dont les grands côtés sont horizontaux lorsque le parallélogramme est rectangle. Ces grands côtés peuvent tourner autour d'axes passant par leurs milieux pour prendre des inclinaisons variables dans le plan focal, les petits côtés restant toujours parallèles à la direction des fils horaires. Sur ce cadre sont tendus, parallèlement aux petits côtés, une série de fils équidistants dont les points d'attache sont situés exactement sur les grands côtés de manière que, lorsqu'on déforme le parallélogramme, les fils se déplacent parallèlement à eux-mêmes en restant équidistants. L'équidistance e_k des fils pour le cadre rectangle est égale au chemin parcouru dans le plan focal principal par l'image d'une étoile équatoriale en un nombre entier d'intervalles de battements. Si l'on fait tourner les grands côtés d'un angle D à partir de l'horizontale, l'équidistance devient $e_k \cos D$ et elle est égale au chemin parcouru dans le même nombre entier

d'intervalles de battements par une étoile de déclinaison D. Un dispositif qu'il est facile d'imaginer permet d'effectuer cette rotation et de rendre ensuite le parallélogramme indéformable. Le cadre tout entier est susceptible d'être déplacé horizontalement au moyen d'une vis micrométrique et la position d'un quelconque des fils relativement à un fil fixe peut être déterminée, comme à l'ordinaire.

Soit à observer une étoile de déclinaison D avec le micromètre ainsi constitué. On commence par donner l'inclinaison D aux grands côtés du cadre. Lorsqu'on verra l'étoile entrer dans le champ, on agira sur la vis micrométrique pour amener le premier fil sur l'image de l'étoile à un battement quelconque du garde-temps, puis on attendra le passage au second fil. Si l'opération a été bien réussie, ce passage coïncidera avec un battement; mais en général il aura lieu un peu avant ou un peu après. On donnera alors au cadre un léger déplacement dans le sens voulu pour amener aussi bien que possible le second fil dans la position qu'il aurait dû occuper et l'on attendra le passage au troisième fil. On ira ainsi jusqu'à ce qu'on ait obtenu une coïncidence parfaite d'un passage avec un battement. On notera le battement et l'on n'aura plus qu'à déterminer la distance du fil correspondant au fil fixe. Il sera iuutile de chercher une seconde coïncidence si la première a été entièrement satisfaisante.

Ce mode d'observation est susceptible d'une très haute précision, comme on peut s'en convaincre en faisant quelques essais au fil mobile. Il ne comporte pas plus d'équation personnelle que l'observation de la coïncidence de deux sons brefs et d'égale intensité ou de la simultanéité de deux perceptions lumineuses instantanées. Sa simplicité égale celle de la méthode de l'œil et de l'oreille; il supprime le chronographe et présente en outre l'avantage de réduire au minimum le travail de réduction des passages au fil sans collimation. Le micromètre qui permettrait de l'appliquer présente sans doute quelques difficultés de construction, mais qui ne paraissent pas insurmontables pour nos habiles constructeurs.

Cette solution radicale du problème de la suppression de l'équation personnelle dans les observations de passages au méridien remonte à plusieurs années. Nous n'avions pas jugé alors à propos de la faire connaître, parce que nous considérons que la question est secondaire vis-à-vis de celle de l'élimination des autres erreurs qui affectent les observations. Mais l'importance qu'on paraît attacher de plus en plus à l'emploi des micromètres improprement appelés *impersonnels* nous décide aujourd'hui à la publier.

ASTRONOMIE. — *Observations de la nouvelle comète 1913 e (Zinner), faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	ΔP.	Nombre de compar.	R apparente.	Log. fact. parallaxe.	P apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
Oct. 25.....	7h38m18s	+1m58s,28	−3′51″,2	9:12	18h50m37s,07	9,459	96°18′43″,9	0,838n	a

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R 1913,0.	Réduction au jour.	P 1913,0.	Réduction au jour.	Autorité.
a......	8,5	18h48m36s,56	+2s,23	96°22′34″,5	+0″,6	6419 A.G. Wien-Ottakring

Remarques. — La comète est de 10e grandeur. Elle est formée d'une tête lumineuse, large d'environ 20″, tenant lieu à la fois de noyau et de chevelure. Cette tête est légèrement allongée dans le sens de la queue, qui est longue de 3′ à 4′, droite et d'un éclat très atténué. La queue s'estompe vers ENE, c'est-à-dire dans une direction voisine de 68° du pôle.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur certaines trajectoires du problème des n corps.* Note [1] de M. **Jean Chazy**, présentée par M. J. Hadamard.

Les équations différentielles du problème des n corps, en coordonnées cartésiennes, admettent des intégrales de la forme

$$x_i = \alpha_i t^{\frac{2}{3}},\ y_i = \beta_i t^{\frac{2}{3}},\ z_i = \gamma_i t^{\frac{2}{3}},$$

les α_i, β_i, γ_i désignant des constantes déterminées par un système d'équations algébriques. On obtient des trajectoires remarquables du problème des n corps en étudiant, parmi les intégrales voisines des intégrales précédentes, celles qui sont représentées par des développements suivant des puissances croissantes ou suivant des puissances décroissantes de t, dont les premiers termes sont $\alpha_i t^{\frac{2}{3}}$, $\beta_i t^{\frac{2}{3}}$, $\gamma_i t^{\frac{2}{3}}$. Les premiers de ces développements convergent si t est assez petit, et représentent, en quantités réelles, des trajec-

[1] Présentée dans la séance du 13 octobre 1913.

toires sur lesquelles les n corps se choquent avec des vitesses infinies; les seconds de ces développements convergent si t est assez grand, et représentent des trajectoires qui s'éloignent à l'infini, les vitesses tendant vers zéro. Ces deux sortes de trajectoires généralisent respectivement les trajectoires avec chocs et les trajectoires paraboliques du problème des deux corps. Lorsque t tend selon le cas vers zéro ou vers l'infini, la figure formée par les n corps tend vers une figure-limite semblable à la figure $x_i = \alpha_i$, $y_i = \beta_i$, $z_i = \gamma_i$, et, par suite, à une figure dans laquelle la résultante des attractions exercées sur chacun des corps par les $n - 1$ autres a pour extrémité le centre de gravité.

Par extension la méthode précédente donne des trajectoires sur lesquelles quelques-uns seulement des n corps se choquent. Ainsi, quel que soit n, les équations différentielles du problème des n corps sont satisfaites par des séries entières en $t^{\frac{1}{3}}$ telles que pour $t = 0$ les différences $x_2 - x_1$, $y_2 - y_1$, $z_2 - z_1$ s'annulent à l'ordre $\frac{2}{3}$. Sur les trajectoires correspondantes, quand t passe par la valeur zéro, les deux corps (x_1, y_1, z_1) et (x_2, y_2, z_2) se choquent, l'orbite de chacun d'eux présente un point de rebroussement; tandis que les $n - 2$ autres corps sont isolés et ont des vitesses finies et continues. M. Sundman a obtenu de tels développements en $t^{\frac{1}{3}}$ dans le problème des trois corps au moyen d'un changement de variable; et ce changement de variable, ou celui de MM. Levi-Civita et Bisconcini, permettent de démontrer ([1]) que réciproquement, si $n - 2$ des corps finissent par être isolés quand t tend vers zéro, et si la distance des deux autres tend vers zéro, les coordonnées admettent des développements de la forme indiquée. Ces développements dépendent de $6n - 8$ constantes arbitraires, tandis que l'intégrale générale du problème des n corps dépend de $6n - 6$ constantes (dans le mouvement par rapport au centre de gravité); par élimination des constantes entre les développements obtenus, on peut former les deux conditions nécessaires pour le choc de deux corps.

M. Sundman a démontré ([2]) que dans le problème des trois corps, pour que les trois corps se choquent, il est nécessaire que le mouvement soit plan, et qu'au moment du choc, les trois corps tendent à former un triangle équilatéral, ou à se placer en ligne droite, les distances et les masses

([1]) SUNDMAN, *Acta mathematica*, t. XXXVI. — LEVI-CIVITA, *Annali di Matematica*, 3e série, t. IX. — BISCONCINI, *Acta mathematica*, t. XXX.

([2]) SUNDMAN, *Acta Societatis Scientiarum Fennicæ*, t. XXXIV.

vérifiant une certaine relation. Dans le cas où la figure-limite est le triangle équilatéral, et si l'on considère le mouvement plan qui dépend de huit constantes, la méthode indiquée donne des développements dépendant de cinq constantes, et qui sont des séries entières par rapport aux trois variables [1] $t^{\frac{2}{3}}$, t^{r_1}, t^{r_2}, r_1 et r_2 désignant les racines supérieures des deux équations

$$9(r^2-r)-1=\pm 3\,\frac{\sqrt{(m_2-m_3)^2+(m_3-m_1)^2+(m_1-m_2)^2}}{\sqrt{2}(m_1+m_2+m_3)}.$$

Les exposants r_1 et r_2 dépendent donc des rapports des masses, et, s'ils ne sont pas des nombres rationnels avec dénominateurs impairs, les trajectoires obtenues ne comportent pas de prolongement analytique réel après le choc. La méthode indiquée donne, comme résultat complémentaire, des mouvements dans lesquels les trois corps s'éloignent indéfiniment et tendent à former un triangle équilatéral, ces mouvements dépendant de neuf constantes au lieu de douze.

La recherche des trajectoires sur lesquelles les trois corps tendent à se placer en ligne droite au moment du choc, ne conduit qu'à des mouvements rectilignes, dépendant de trois constantes au lieu de quatre. Enfin les mouvements, dans lesquels les trois corps s'éloignent à l'infini dans des directions parallèles, dépendent de dix constantes au lieu de douze; quand les trois masses sont voisines, des puissances de t à exposants imaginaires figurent dans les développements obtenus : si l'axe Ox est parallèle à la direction dans laquelle s'éloignent les trois corps, les coordonnées x_i finissent par varier toujours dans le même sens, mais les coordonnées y_i et z_i oscillent indéfiniment de l'ordre de grandeur $x_i^{\frac{1}{2}}$ à l'ordre $x_i^{\frac{3}{4}}$.

Dans le problème des quatre corps, la discussion des équations algébriques en α_i, β_i, γ_i montre que les figures-limites sont : le tétraèdre régulier; une figure formée de points en ligne droite, dont les distances et les masses vérifient deux relations; pour des valeurs convenables des masses et entre certaines limites, les quadrilatères plans satisfaisant à l'égalité géomé-

---

(1) Pour des valeurs particulières des rapports des masses, par exemple quand les trois masses sont égales, les développements considérés dégénèrent en des développements contenant des logarithmes. De même certains résultats énoncés deviennent incomplets, si deux au moins des masses deviennent nulles : par exemple trois masses, dont deux sont nulles, admettent comme figure-limite un triangle isoscèle quelconque.

trique

$$\begin{vmatrix} a^3a'^3 & a^3+a'^3 & 1 \\ b^3b'^3 & b^3+b'^3 & 1 \\ c^3c'^3 & c^3+c'^3 & 1 \end{vmatrix} = 0,$$

où a, a'; b, b'; c, c' désignent des couples de côtés opposés et les deux diagonales. Les résultats précédents se transforment de proche en proche dans le problème des n corps : les distances mutuelles de points en nombre supérieur à quatre ne peuvent être toutes égales; mais, quel que soit n, l'une des figures-limites est formée de points en ligne droite, dont les distances et les masses vérifient $n-2$ relations.

Lagrange avait obtenu déjà deux figures-limites du problème des trois corps en cherchant les solutions de ce problème où les distances mutuelles des trois corps sont constantes ou dans des rapports constants. La définition statique que nous avons donnée des figures-limites explique cette coïncidence : si les n corps forment à chaque instant une figure semblable à une figure-limite plane, et si l'un des corps a, par rapport au centre de gravité et dans le plan de la figure, un mouvement képlérien, le mouvement plan obtenu est une solution du problème des n corps. D'ailleurs les équations différentielles de ce problème, dans les deux cas traités par Lagrange pour $n=3$, se ramènent à un système linéaire à coefficients constants, ou à un système linéaire dont les coefficients sont des fonctions de la variable connues d'après la relation de Lagrange et Jacobi; la discussion de ces systèmes se ramène à la discusion des équations algébriques en α_i, β_i, γ_i.

ALGÈBRE. — *Sur le signe de la partie réelle des racines d'une équation algébrique.* Note de MM. **Chipart** et **Liénard**, présentée par M. C. Jordan.

La stabilité d'un mouvement défini par une équation linéaire à coefficients constants exige que l'équation caractéristique n'admette que des racines négatives ou à partie réelle négative, racines que nous comprendrons toutes sous le nom de *pseudo-négatives*.

Routh [1] a donné une méthode permettant de reconnaître si toutes les racines d'une équation algébrique sont pseudo-négatives. Avant lui, Hermite [2] avait établi

---

(1) Routh, *A treatise on the stability of a given state of motion*, London, 1877.
(2) Hermite, *Lettre à Borchardt*, 1854.

un théorème sur le signe des parties imaginaires des racines d'une équation, théorème qui peut être utilisé pour résoudre la question. La méthode, que nous allons exposer et qui n'a de commun avec celle d'Hermite que le fait que nous utilisons des formes quadratiques, conduit à des calculs plus simples que le théorème d'Hermite. Elle est aussi, sauf pour les équations purement numériques, plus avantageuse que la méthode de Routh.

Soit l'équation à coefficients réels

$$f(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_n = 0.$$

Nous supposerons a_0 constant et non nul, les autres coefficients pouvant prendre des valeurs arbitraires que nous considérerons comme les coordonnées d'un point M d'un espace à n dimensions. On sait que les racines de $f(x)$ sont des fonctions continues de $a_1, a_2, \ldots, a_n$, c'est-à-dire de la position du point M et réciproquement.

Soit D_0 le domaine des points M tels que $f(x)$ ne possède que des racines pseudo-négatives. On vérifie facilement que ce domaine est d'un seul tenant. Posons

$$f(x) = \varphi(x^2) + x\psi(x^2) \qquad (n = 2m \text{ ou } 2m+1),$$

et considérons la fonction symétrique de degré $(m-1)$ en x et y :

$$F(x, y) = \frac{\varphi(y)\psi(x) - \varphi(x)\psi(y)}{y - x} = \sum_{\alpha=\beta=1}^{\alpha=\beta=m} c_\alpha^\beta x^{\alpha-1} y^{\beta-1},$$

ainsi que la forme quadratique associée

$$\Theta = \Sigma c_\alpha^\beta X_\alpha X_\beta.$$

Le discriminant R de la forme Θ n'est autre que le résultant des polynomes $\varphi(x)$ et $\psi(x)$ tel que le donne la méthode de Bezout. $R = 0$ exprimerait que $f(x)$ a deux racines dont la somme est nulle et il est évident que cette circonstance ne peut se produire à l'intérieur du domaine D_0.

On a alors la proposition suivante :

Pour que toutes les racines de $f(x)$ soient pseudo-négatives, il faut et il suffit que la forme Θ soit définie positive et que tous les coefficients de $\varphi(x)$ soient du signe de a_0.

1° Les conditions sont nécessaires : décomposons $f(x)$ en facteurs réels du premier et du deuxième degré,

$$f(x) = a_0 \Pi(x + \alpha) \Pi(x^2 + \beta x + \gamma).$$

Si les racines sont pseudo-négatives, les coefficients α, β, γ sont positifs et le polynome $f(x)$ est complet et a tous ses coefficients de même signe que a_0. Il en est de même de $\varphi(x)$.

D'autre part, le discriminant R étant différent de zéro dans tout le domaine D_0, on en conclut que, dans ce domaine, toutes les formes Θ sont des sommes de m carrés indépendants et comportent le même nombre m' de carrés positifs. Il s'agit de démontrer qu'on a $m'=m$ et, à cet effet, il suffit de vérifier le fait pour une équation particulière de chaque degré.

La vérification est immédiate pour le premier et le second degré. Pour les autres, opérons par récurrence. Supposant la proposition vraie pour $f(x)$, établissons-la pour

$$f'(x)=f(x)\left(x^2+x+\frac{1}{2}\right).$$

On déduit de cette relation

$$F'(x,y)=\left(\frac{1}{4}+xy\right)F(x,y)+\frac{1}{2}\varphi(x)\varphi(y)+\frac{1}{2}[\varphi(x)+\psi(x)][\varphi(y)+\psi(y)],$$

d'où

$$\Theta'(X_1, X_2, \ldots, X_{m+1})=\frac{1}{4}\Theta(X_1, \ldots, X_m)+\Theta(X_2, X_3, \ldots, X_{m+1})+\frac{1}{2}(P^2+Q^2),$$

P et Q étant ce que deviennent $\varphi(x)$ et $[\varphi(x)+\psi(x)]$ quand on y change $x^{\alpha-1}$ en X_α. La forme Θ' est évidemment définie positive comme Θ.

2° Les conditions sont suffisantes : montrons d'abord que $f(x)$ ne peut admettre de racines réelles positives.

Soit en effet u la plus grande d'entre elles; considérons la valeur particulière de Θ,

$$\Theta(1, u^2, u^4, \ldots, u^{2m-2})=F(u^2, u^2)=\lim_{x=y=u^2}\frac{\varphi(y)\psi(x)-\varphi(x)\psi(y)}{y-x}$$
$$=\varphi'(u^2)\psi(u^2)-\varphi(u^2)\psi'(u^2),$$

ou

$$\Theta=\psi(u^2)[\varphi'(u^2)+u\psi'(u^2)], \tag{1}$$

en tenant compte de la relation

$$f(u)=\varphi(u^2)+u\psi(u^2)=0. \tag{2}$$

$\varphi(x)$ ayant tous ses coefficients du signe de a_0, $a_0\varphi(u^2)$ est positif et par suite la relation (2) donne

$$a_0\psi(u^2)<0. \tag{3}$$

Comme, d'autre part, u est la plus grande racine positive de $f(x)$,

on a $a_0 f'(u) \geqq 0$, c'est-à-dire

$$a_0 \psi(u^2) + 2a_0 u[\varphi'(u^2) + u\psi'(u^2)] \geqq 0$$

et *a fortiori*, d'après (3),

$$a_0[\varphi'(u^2) + a\psi'(u^2)] > 0.$$

Cette inégalité, jointe à (3), montre que l'expression (1) de Θ est négative, ce qui est contraire à l'hypothèse. $f(x)$ n'a donc certainement pas de racine réelle positive.

$f(x)$ ne possède pas davantage de racines imaginaires pseudo-positives. Soit en effet p le nombre de couples de racines imaginaires conjuguées pseudo-positives que posséderait $f(x)$. Considérons l'équation auxiliaire

$$f'(x) = \varphi'(x^2) + x\psi'(x^2) = a_0(x-\varepsilon)^{2p}(x+1)^{n-2p}.$$

ε est un nombre positif assez petit pour que tous les termes de degré pair, dont l'ensemble constitue $\varphi'(x^2)$, soient du signe de a_0. On démontre aisément qu'on peut passer par continuité du point M′ figuratif de l'équation $f'=0$ au point M figuratif de f sans annuler le discriminant R. Les formes quadratiques Θ et Θ' associées à f et f' sont donc de même nature et Θ' est une forme définie positive. Mais nous avons dit que tous les coefficients de φ' sont du signe de a_0, et dans ces conditions il est contradictoire que f' admette la racine positive ε et que la forme Θ' soit définie positive.

Le polynome $f(x)$ ne peut donc pas avoir de racines imaginaires pseudo-positives. C. Q. F. D.

Pour exprimer que la forme Θ est définie positive on écrira les conditions classiques

$$R > 0, \qquad \frac{\partial R}{\partial c_1^1} > 0, \qquad \ldots, \qquad \frac{\partial^{m-1} R}{\partial c_1^1\, \partial c_2^2 \ldots \partial c_{m-1}^{m-1}} > 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de M. Picard dans un cercle dont le centre est un point critique algébrique.* Note de M. **Georges Rémoundos**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans une série de Notes ([1]) parues dans ce Recueil, nous avons fait connaître des extensions aux fonctions multiformes du théorème par lequel

([1]) 1° *Le théorème de M. Picard et les fonctions multiformes* (*Comptes rendus*, t. 155, 2e sem. 1912, p. 818-820); 2° *Le théorème de M. Picard et les fonctions algé-*

M. Landau [1] a généralisé le célèbre théorème de M. Picard. Ces extensions remplacent le cercle d'holomorphie de M. Landau par un cercle pouvant contenir des points critiques algébriques quelconques de la fonction, mais elles comportent une précision moindre à d'autres points de vue, parce que, ou bien l'ensemble des valeurs exceptionnelles est continu, ou bien la considération de deux valeurs exceptionnelles est accompagnée de quelques restrictions.

Dans un travail publié dans le *Bulletin de la Société mathématique de France* [2], nous avons établi le théorème suivant :

THÉORÈME I. — *Soit $u = \varphi(z)$ une fonction algébroïde et finie en $z = 0$, ce point étant pour elle un point critique, et soient*

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \alpha_{10} + \alpha_{11} z^{\frac{1}{n_1}} + \alpha_{12} z^{\frac{2}{n_1}} + \ldots, \\ \alpha_{20} + \alpha_{21} z^{\frac{1}{n_2}} + \alpha_{12} z^{\frac{2}{n_2}} + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \alpha_{m0} + \alpha_{m1} z^{\frac{1}{n_m}} + \alpha_{m2} z^{\frac{2}{n_m}} + \ldots \end{array}\right.$$

les séries qui représentent dans le voisinage de $z = 0$ les branches des divers systèmes circulaires. Si nous supposons

$$\alpha_{11} \neq 0, \qquad \alpha_{21} \neq 0, \qquad \ldots, \qquad \alpha_{m1} \neq 0,$$

il existe un nombre positif

$$R = g(\alpha_{10}, \alpha_{11}, \alpha_{20}, \alpha_{21}, \ldots, \alpha_{m0}, \alpha_{m1}),$$

dépendant seulement des deux premiers coefficients des séries [1], *c'est-à-dire des nombres*

$$\alpha_{10}, \quad \alpha_{11}, \quad \alpha_{20}, \quad \alpha_{21}, \quad \ldots, \quad \alpha_{m0}, \quad \alpha_{m1},$$

tel que, à l'intérieur du cercle $|z| < R$, la fonction donnée $u = \varphi(z)$ ou bien possède un point singulier différent de $z = 0$ ou bien prend une fois au moins l'une des valeurs de zéro et un.

---

broïdes (*Ibid.*, p. 1592-1595); 3° *Sur les familles de fonctions algébroïdes* (*Ibid.*, t. 156, 1er sem. 1913, p. 862-865); 4° *Sur les séries et les familles de fonctions algébroïdes dans un domaine* (*Ibid.*, p. 1141-1144).

[1] *Ueber eine Verallgemeinerung des Picardschen Satzes* (*Sitzungsberichte der Kgl. preussischen Akademie der Wissenschaften*, Jahrgang 1904, p. 1118-1133).

[2] *Généralisation d'un théorème de M. Landau*, t. XLI, 1913, p. 19-24.

2. Je suis récemment arrivé à perfectionner ce théorème par le suivant :

Théorème II. — *Soit $u = \varphi(z)$ une fonction algébroïde et finie à n branches dans le voisinage de $z = 0$, déterminée par l'équation*

$$(2)\qquad f(z, u) = u^n + A_1(z)u^{n-1} + A_2(z)u^{n-2} + \ldots + A_n(z) = 0,$$

les $A_1(z)$, $A_2(z)$, ..., $A_n(z)$ étant des fonctions holomorphes dans le voisinage de $z = 0$,

$$(3)\qquad \begin{cases} A_1(z) = a_1 + b_1 z + \ldots, \\ A_2(z) = a_2 + b_2 z + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_n(z) = a_n + b_n z + \ldots, \end{cases}$$

Supposons que les polynomes

$$p(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \ldots + a_n,$$
$$q(x) = \qquad b_1 x^{n-1} + b_2 x^{n-2} + \ldots + b_n$$

n'aient aucune racine commune et désignons par n_1, n_2, ..., n_m les degrés de multiplicité des racines du polynome $p(x)$.

Il existe un nombre positif

$$R = \theta(n, n_1, n_2, \ldots, n_m; a_1, b_1, a_2, b_2, \ldots, a_n, b_n),$$

ne dépendant que des nombres n, n_1, n_2, ..., n_m, a_1, b_1, a_2, b_2, ..., a_n, b_n [et nullement des autres coefficients des séries (3)], tel que, à l'intérieur du cercle $|z| < R$, la fonction donnée ou bien possède un point singulier différent de $z = 0$, ou bien prend au moins une fois l'une des valeurs zéro et un.

Si nous désignons par r_1, r_2, ..., r_m les racines distinctes du polynome $p(x)$, le rayon R doit être plus grand que $\varphi(r_1, \gamma_1)$, $\varphi(r_2, \gamma_2)$, ..., $\varphi(r_m, \gamma_m)$, où l'on a

$$|\gamma_k| = \left| \sqrt[n_k]{\frac{(1.2.3\ldots n_k)\,q(r_k)}{p^{(n_k)}(r_k)}} \right| \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots, m).$$

et φ désigne la fonction indiquée par M. Landau [1] et déterminée par M. Carathéodory [2].

---

[1] Voir É. Landau, *Ueber den Picardschen Satz* (*Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, Bd. II, 1906, p. 252-318).

[2] *Sur quelques généralisations du théorème de M. Picard* (*Comptes rendus*, t. 141, 2e semestre 1905, p. 1213-1215).

3. Le théorème II est plus intéressant que le théorème I, puisqu'il nous dispense de la considération des systèmes circulaires des branches, dont la détermination ([1]) se fait par une méthode assez compliquée de Puiseux (voir É. Picard, *Traité d'Analyse*, t. II, p. 348-360); au contraire, on sait que la détermination des degrés de multiplicité des racines d'un polynome se fait par une méthode algébrique élémentaire.

Le théorème II constitue une extension parfaite du théorème de M. Landau au cas où le point $z = 0$ est un point critique algébrique de la fonction, sans perdre rien de la précision du théorème de M. Landau au point de vue des valeurs exceptionnelles. On peut dire que notre théorème II a plus de précision et moins d'étendue que les autres, auxquels j'ai fait allusion au commencement de cette Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Existence et détermination univoque des solutions des systèmes d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Maurice Janet**, présentée par M. J. Hadamard.

L'existence des solutions d'un système quelconque d'équations aux dérivées partielles, qui a été démontrée pour la première fois par M. Riquier ([2]), peut se prouver par une méthode de récurrence que je me propose d'indiquer ici. D'autre part, la question de savoir s'il n'existe qu'*une* intégrale répondant à certaines conditions initiales (non caractéristiques) n'a été résolue que pour les systèmes de Cauchy linéaires; la méthode indiquée permet de le faire dans les cas linéaires généraux.

1. Rappelons le théorème fondamental de M. Tresse ([3]) : *Une infinité d'équations aux dérivées partielles peut toujours s'obtenir par dérivations et combinaisons d'un nombre fini d'entre elles.*

Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$ les variables indépendantes; $u_1, u_2, \ldots, u_k$ les fonctions inconnues. Laissons de côté les cas où, par dérivations et combinaisons, on peut être amené à une incompatibilité. Si, par dérivations et combinai-

---

([1]) Pour les fonctions algébriques.

([2]) Riquier, *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles.* — Delassus, *Extension du théorème* de Cauchy (*Annales de l'École Normale*, 1896). — Voir aussi Gunther, *Comptes rendus*, t. 156, 14 avril 1913, p. 1147. — Robinson, *Comptes rendus*, t. 157, 15 juillet 1913, p. 106.

([3]) Tresse, *Acta mathematica*, t. XVIII, 1894.

sons, on ne peut trouver d'équation contenant la seule fonction u_i, prenons-la arbitrairement; après avoir, éventuellement, choisi ainsi une ou plusieurs fonctions, nous serons ramenés à un système contenant p fonctions inconnues, chaque fonction inconnue satisfaisant à une équation aux dérivées partielles (au moins); considérons-en une pour chaque fonction :

$$(1) \qquad E_1(u_1) = 0, \qquad E_2(u_2) = 0, \qquad \ldots, \qquad E_p(u_p) = 0.$$

Changeons de variables, s'il y a lieu, de manière que le plan $x_1 = 0$ ne soit caractéristique pour aucune de ces équations. Elles s'écrivent

$$(1') \quad E'_i \equiv \frac{\partial^{r_i} u_i}{\partial x_1^{r_i}} - F_i\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, u_i, \ldots, \frac{\partial^{r_i-\lambda} u}{\partial x^{\alpha_1} \ldots \partial x_n}, \ldots, \frac{\partial^{r_i} u}{\partial x_1^{r_i-1} \partial x_n}\right) = 0.$$

De ces équations et de celles qu'on obtient par dérivation, on peut déduire les expressions de toutes les dérivées de u_i où la dérivation est prise r_i fois au moins par rapport à x_1 en fonction des autres.

Reportons-nous au système donné, et considérons toutes les équations qui peuvent s'en déduire par dérivations; supposons-y les dérivées de u_i où la dérivation est prise r_i fois au moins par rapport à x_1 remplacées par leurs valeurs; nous obtenons ainsi un système infini qu'on peut regarder pour un instant comme un système d'équations aux dérivées partielles, les variables étant $x_2, \ldots, x_n$, les fonctions inconnues les u_i, $\frac{\partial u_i}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial^{r_i-1} u_i}{\partial x_1^{r_i-1}}$, x_1 étant un paramètre; d'après le théorème rappelé au début, il est constitué par les dérivées prises par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ d'un nombre fini d'entre elles. Soient

$$(2) \qquad e_1 = 0, \qquad e_2 = 0, \qquad \ldots, \qquad e_q = 0$$

ces équations ([1]), « base » du système infini aux variables $x_2, \ldots, x_n$.

D'après cette définition, les $\frac{\partial e_j}{\partial x_1}$ sont identiques à des combinaisons de dérivées prises par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ des (E') et des (e) :

$$(3) \qquad \frac{\partial e_j}{\partial x_1} = D^{(j)}_{x_2, \ldots, x_n}(E'_1, E'_2, \ldots, E'_p; e_1, e_2, \ldots, e_q);$$

et, quel que soit x_1, si l'on annule $E'_1, E'_2, \ldots, E'_p, e_1, e_2, \ldots, e_q$, $\mathcal{D}^{(j)}_{x_2, \ldots, x_n}(E_1, \ldots, e_q)$ s'annule.

Faisons $x_1 = 0$. Considérons une solution du système (2) aux variables

---

([1]) Il ne suffit pas, bien entendu, de supposer que ces équations forment la base du système pour une valeur particulière de x_1.

indépendantes $x_2, \ldots, x_n$ et aux fonctions inconnues $u_1 \frac{\partial x_1}{\partial u_1}, \ldots, u_p, \ldots, \frac{\partial^{r_p - 1}}{\partial x_1'^{r-1}}$: *le nombre des variables indépendantes étant moindre que* n, nous admettons qu'on connaisse les conditions d'existence des solutions. Prenons comme conditions initiales pour les équations (1′) ces solutions mêmes; il en résultera une solution holomorphe de ces équations; substituons cette solution dans les e_j; nous obtenons des fonctions holomorphes; or, elles satisfont à (3)′ et s'annulent pour $x_1 = 0$; zéro est, d'autre part, la seule solution holomorphe s'annulant pour $x_1 = 0$ du système

$$(3') \qquad \frac{\partial e_j}{\partial x_1} = \mathrm{D}_{x_2, \ldots, x_n}(0, 0, \ldots, e_1, \ldots, e_q);$$

donc les e_j sont nulles partout, et les fonctions trouvées satisfont au système proposé.

Comme on connaît le théorème d'existence d'un système à zéro variables indépendantes, c'est-à-dire d'un système d'équations ordinaires, le théorème est général.

Il est à remarquer qu'il n'est pas nécessaire de prendre pour les E des équations à une seule inconnue; on pourrait prendre un système de Cauchy-Kowalewski quelconque déduit du système donné.

2. D'après ce qui précède, d'un système d'équations aux dérivées partielles dont la solution ne dépend pas de fonctions arbitraires de n variables, on peut déduire par dérivations et combinaisons une infinité de systèmes de Cauchy-Kowalewski (systèmes susceptibles d'être mis sous la forme classique par un simple changement de variables indépendantes). Par définition, une surface sera dite *caractéristique* si elle l'est pour tous ces systèmes [1].

La démonstration précédente prouve l'existence d'une solution holomorphe unique lorsqu'on se donne sur une surface non caractéristique $x_1 = 0$ des valeurs holomorphes quelconques pour certaines dérivées : on précisera ces dérivées pour chaque système, en faisant, s'il est nécessaire, des changements de variables pour $x_2, x_3, \ldots, x_n, x_3, \ldots, x_n$ et appliquant le théorème au cas de $n-1, n-2, \ldots,$ variables indépendants.

Une question se pose : ne pourrait-il se faire qu'une donnée non holo-

---

[1] Cette définition s'accorde avec celle de M. Gunther (*Comptes rendus*, 14 avril 1913) et avec celle que j'avais donnée précédemment (*Comptes rendus*, 13 janvier 1913).

morphe satisfasse à ces conditions? La réponse négative à cette question a été donnée *dans le cas linéaire* pour un *système de Cauchy*, par M. Holmgren ([1]); à l'aide de ce qui précède et par récurrence elle s'étend immédiatement au cas linéaire en général.

Par exemple, soit un système quelconque d'équations différentielles ordinaires, linéaires et sans seconds membres; si l'on prend o pour les fonctions arbitraires et celles des constantes arbitraires qu'on peut se donner, toutes les constantes initiales du système de Cauchy sont nulles, et la solution en est nulle, en vertu du théorème connu pour les équations différentielles ordinaires.

Soit alors un système d'équations aux dérivées partielles à deux variables indépendantes x_1, x_2 (linéaires, sans seconds membres); sur $x_1 = 0$ on se donne certaines fonctions liées par un système différentiel ordinaire; si les données qui lui conviennent sont toutes nulles, toutes ces fonctions le seront pour $x_1 = 0$, d'après ce qui précède; la solution du système de Cauchy, d'après le théorème classique de Holmgren, est donc nulle, etc.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la validité des solutions des problèmes d'Hydrodynamique.* Note de M. HENRI VILLAT, présentée par M. Émile Picard.

M. M. Brillouin a consacré une importante partie d'un récent Mémoire (*Journal de Chimie et de Physique*, 1911) à montrer que dans les problèmes d'Hydrodynamique relatifs à l'écoulement des fluides autour des obstacles solides, la solution édifiée par les méthodes aujourd'hui classiques était généralement illusoire : elle donne naissance à diverses impossibilités auxquelles il ne semblait guère possible de remédier à l'avance, car la présence de ces impossibilités n'était pas facile à déceler avant que la solution analytique n'ait été construite tout entière pour chaque exemple particulier.

Dans un travail qui paraîtra prochainement ailleurs, j'ai cherché à lever les difficultés provenant de ces circonstances, et à déterminer les conditions permettant d'assurer, avant la construction de la solution, si celle-ci sera acceptable. J'indique ci-dessous quelques-uns des résultats auxquels j'ai été conduit.

Soit d'abord un fluide indéfini rencontrant un obstacle donné, et suppo-

([1]) HOLMGREN, *Ofversigt af Kongl. Vetenskaps. Akad. Förhandl.*, 1901.

sons le mouvement symétrique par rapport à un axe parallèle au courant à l'infini (où la vitesse est supposée égale à 1). Le problème se traite, comme je l'ai montré antérieurement (cf. ma *Thèse*, 2e Partie, et *Annales de l'École Normale supérieure*, 1911) par la formation préalable de la fonction analytique de Z

$$\Omega(z) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \Phi(\varepsilon)\,\frac{1 - Z^2}{1 - 2Z\cos\varepsilon + Z^2}\,d\varepsilon \qquad [\Phi(\pi - \varepsilon) = -\Phi(\varepsilon)],$$

où la fonction $\Phi(\varepsilon)$ est reliée simplement à la forme de la paroi solide.

Ceci posé, les difficultés qui peuvent se présenter rentrent toutes dans les deux groupes suivants :

(*a*). Les vitesses dans le fluide peuvent en quelque endroit dépasser l'unité, ce qui fournirait un mouvement dans lequel la pression pourrait devenir négative, mouvement évidemment à rejeter;

(*b*). Le domaine occupé par le courant fluide peut n'être pas d'un seul tenant, les frontières (parois solides ou lignes de glissement) se coupant, soit elles-mêmes, soit les unes les autres.

Or on a, entre autres, les théorèmes suivants :

I. Quelle que soit la forme des parois solides, si la fonction $\Phi(\varepsilon)\cos\varepsilon$ est croissante pour $0 < \varepsilon < \frac{\pi}{2}$, la difficulté (*a*) ne se présente pas. (C'est le cas, par exemple, pour tous les obstacles en gouttière.)

II. La même conclusion subsiste si la fonction $\Phi'(\varepsilon)\sin\varepsilon$ est croissante dans le même intervalle.

III. Il en est de même si $\Phi'(+0) = 0$ et si la fonction $\Phi''(\varepsilon)\cos\varepsilon$ est croissante.

IV. Il en est encore de même si $\Phi'(+0) = 0$, $\Phi''\left(\frac{\pi}{2} - 0\right) \leqq 0$, et si $\Phi'''(\varepsilon)\sin\varepsilon$ est croissante.

V. Pour les obstacles en gouttière, pour lesquels la tangente à la paroi fait avec le courant général un angle partout inférieur (ou au plus égal) à π en valeur absolue, la difficulté (*b*) ne se présente jamais. [Dans un cas particulier, un fait analogue a déjà été signalé par M. T. Boggio (1).]

VI. Pour les obstacles convexes vers le courant, la condition (nécessaire

---

(1) *R. Accad. delle Sc. di Torino*, t. LXVII, 1911-1912.

par ailleurs)

$$\text{(A)} \qquad \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\Phi'(\varepsilon)}{\sin\varepsilon}\,d\varepsilon - \Phi\left(\frac{\pi}{2} - 0\right) \geqq 0$$

assure la même conclusion. Cette condition entraîne ici $\Phi'(+0) = 0$.

VII. Si, dans l'intervalle $0, \frac{\pi}{2}$, on a $\Phi(\varepsilon) \leqq \Phi(+0)$, et si $\Phi'(\varepsilon)\sin\varepsilon$ est une fonction croissante, la difficulté (*b*) est évitée, quelle que soit la forme de l'obstacle.

Ces résultats, qu'on peut du reste généraliser, sont établis en supposant l'existence et la continuité de la fonction $\Phi(\varepsilon)$ et des dérivées introduites, dans l'intervalle $0, \frac{\pi}{2}$; à l'exception des extrémités, pour lesquelles le sens physique de la question impose que ces fonctions tendent vers des valeurs déterminées quand ε tend vers 0 ou $\frac{\pi}{2}$ dans l'intervalle. Ces théorèmes permettent de former des infinités d'exemples non illusoires, comprenant des obstacles des formes les plus variées, en gouttières, en proues, ou présentant un nombre quelconque d'ondulations. Le cas des proues $\left(\text{convexes vers le courant; } \Phi(\varepsilon) < 0,\ \Phi'(\varepsilon) < 0 \text{ pour } 0 < \varepsilon < \frac{\pi}{2}\right)$ est spécialement important. On a alors le théorème suivant :

Pour les obstacles en proues, c'est-à-dire convexes vers le courant, la condition (A) *est nécessaire et suffisante pour la validité de la solution.* Si l'inégalité (A) devient une égalité, on a une véritable proue, d'où les lignes de glissement se détachent tangentiellement avec un rayon de courbure non nul.

Des résultats analogues sont valables lorsque le fluide possède des frontières à distance finie; mais les démonstrations deviennent beaucoup plus malaisées. Citons ici l'un des cas les plus intéressants, celui d'un canal contenant un obstacle symétrique. J'ai fait voir (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1911) que la solution dépend de la construction de la fonction

$$\Omega(Z) = \frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{\pi} \Phi(\varepsilon) \frac{\wp'\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log Z \,\middle|\, \omega_1, \omega_2\right)}{\wp\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log Z \,\middle|\, \omega_1, \omega_2\right) - \wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon \,\middle|\, \omega_1, \omega_2\right)}\,d\varepsilon \qquad [\Phi(\pi-\varepsilon) = -\Phi(\varepsilon)].$$

Je signale alors notamment les deux théorèmes suivants :

Pour les obstacles concaves vers le courant [$\Phi(\varepsilon)$ croissant, entre les

limites $-\pi$, o, au plus, pour $0 < \varepsilon < \pi$], la solution est toujours acceptable.

Pour les obstacles convexes vers le courant, la condition

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \Phi'(\varepsilon) \frac{p'\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)}{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon - e_1\right)} d\varepsilon - 2\left(\eta_1 - 2\zeta\frac{\omega_1}{2}\right)\Phi\left(\frac{\pi}{2} - 0\right) \leqq 0$$

est nécessaire et suffisante pour que la solution soit acceptable. Le cas de l'égalité convient encore aux proues convexes, à l'arrière desquelles le sillage se détache avec un rayon de courbure non nul.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La cinématique dans la théorie de la relativité.* Note de M. ÉMILE BOREL, présentée par M. Appell.

J'ai reçu récemment de M. Varićak une réclamation de priorité, d'ailleurs très courtoise, à propos du deuxième paragraphe de ma Note sur *la théorie de la relativité et la cinématique* [1]. J'aurais dû, en effet, si je les avais connues, mentionner les publications où M. Varićak utilise la géométrie de Lobatchefski pour l'étude de la cinématique dans la théorie de la relativité. Je suis très heureux d'avoir l'occasion de réparer cette omission [2]. Je voudrais en même temps préciser ce qui distingue, à ce qu'il me semble, le point de vue que j'ai adopté.

Je n'insisterai pas sur les avantages du langage de *l'espace cinématique* [3],

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 20 janvier 1913, p. 215.

(2) *Ueber die nichteuclidische Interpretation der Relativtheorie* (Conférence faite à Karlsruhe le 26 septembre 1911 : *Jahresbericht der deutschen Mathematiker Vereinigung*, t. XXI, 1912, p. 103). M. Varićak avait d'ailleurs antérieurement publié des Notes dans la *Physikalische Zeitschrift*, février et avril 1910 et aussi un travail en langue serbe à la fin de 1910. M. Alfred Robb est arrivé de son côté à des résultats analogues dans *Optical Geometry of motion; a new view of the theory of relativity*, Cambridge, 1911.

(3) Cette expression a été adoptée par M. Kimosuke Ogura dans sa Note *On the Lorentz Transformation with some geometrical Interpretations* (*Science Reports of the Tôhoku Imperial University*, Vol. II, n° 2, 1913). M. Ogura, qui se réfère cependant à ma Note, ne paraît pas avoir vu tous les avantages de la forme symétrique que j'ai adoptée; il reproduit, en effet, l'énoncé dyssymétrique dont je vais parler tout à l'heure.

bien que ce langage facilite singulièrement les applications du genre de celles qui sont indiquées dans les derniers paragraphes de ma Note citée. La forme que j'ai donnée au théorème d'addition des vitesses n'est pas en effet nouvelle seulement par le langage, mais surtout par la symétrie des notations. Ce point ne paraissant pas avoir été bien compris, faute sans doute d'explications suffisantes, je vais tâcher de l'élucider de mon mieux.

La théorie de la relativité suppose la contraction de Lorentz, c'est-à-dire le fait que les observations faites sur un système ne donnent pas les mêmes résultats, suivant que les observateurs sont en repos ou en mouvement par rapport au système observé. Si l'on admet ce point de départ, il me semble évident qu'on devra s'efforcer, pour avoir des énoncés cohérents et exempts de pétitions de principes, de *ne faire intervenir dans les énoncés que des mesures faites, dans chaque système, par des observateurs liés au système*. C'est pourquoi l'énoncé, souvent reproduit, d'après lequel la direction de la résultante de deux vitesses dépend de l'ordre dans lequel on les compose, me paraît défectueux. Bien entendu, je ne prétends pas qu'on ne puisse pas faire des conventions de langage telles que cet énoncé soit correct; mais ces conventions de langage ne me paraissent pas les meilleures, car elles risquent de conduire à des confusions.

Voici comment se pose, à mon avis, le problème de la composition des vitesses dans la théorie de la relativité. *Étant donné un système* A, *par rapport auquel on a mesuré les vitesses de deux systèmes* B *et* C, *déterminer, au moyen de mesures faites à l'intérieur des systèmes* B *et* C, *la vitesse d'un quatrième système* D *par rapport à* A. Le problème est résolu par la remarque qu'il existe un tétraèdre ABCD dans l'espace à courbure constante négative (courbure égale à la vitesse de la lumière), tel que les longueurs des arêtes soient les *vitesses vraies relatives*, les angles en A, par exemple, étant les angles que font entre elles les vitesses AB, AC, AD, *pour l'observateur lié à* A.

Il est clair que si l'on donnait seulement la vitesse de B par rapport à A (mesurée dans A) et les vitesses de D et de A par rapport à B, ainsi que leur angle (mesurés dans B), on ne pourrait pas en déduire la position exacte dans A de la vitesse de D par rapport à A; on connaîtrait en effet seulement la valeur absolue de cette vitesse et l'angle qu'elle fait avec la vitesse de B par rapport à A; pour connaître son plan, il faudrait, en outre, admettre qu'on connaît la correspondance entre des plans observés dans B et des plans observés dans A; comme il suffirait d'utiliser les plans qui passent par la vitesse relative de A et de B, cette correspondance est ici

très simple; mais sa connaissance exige cependant qu'on considère des observations simultanées faites dans B et dans A par deux observateurs respectivement au repos dans chacun des deux systèmes.

Voici comment on procédera pour éliminer ce genre d'observations; l'observateur A fixera dans l'espace A les positions AB et AC des vitesses de B et C par rapport à A. Ensuite l'observateur B mesurera la valeur de la vitesse BD et les angles qu'elle fait, dans l'espace B, avec les vitesses BA et BC; l'observateur C fera des mesures analogues dans son espace C. La connaissance numérique des mesures faites par les observateurs B et C permettra à l'observateur A, grâce à la règle du tétraèdre, de fixer en grandeur et en position la vitesse AD. Sous cette forme parfaitement symétrique, il ne peut pas être question d'interversion de l'ordre dans lequel sont ajoutées les vitesses. D'autre part, il me semble que l'on gagne beaucoup de netteté en supposant, comme nous l'avons fait, que dans chaque espace les mesures sont faites par un observateur au repos, et que les divers observateurs n'ont à se communiquer entre eux que les résultats numériques de ces mesures, sans avoir à utiliser un fait géométrique tel que la coïncidence de deux plans observés séparément dans les deux espaces. Si l'on cherchait à concevoir une vérification expérimentale des conséquences cinématiques de la théorie de la relativité, il semble bien qu'on ne pourrait éviter tout cercle vicieux qu'en limitant ainsi à des transmissions de résultats numériques les communications entre des observateurs qui seraient en mouvement les uns par rapport aux autres.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'électrolyse du plomb et du fer dans le sol.* Note de M. **Girousse**, présentée par M. Lippmann.

Les canalisations d'eau et de gaz et les câbles télégraphiques posés au voisinage des tramways électriques sont fréquemment mis hors d'usage à la suite d'attaques électrolytiques provoquées par les courants vagabonds des tramways. Les enveloppes de fer ou de plomb sont complètement perforées. Dans le but de supprimer ces courants vagabonds, la réglementation actuelle a fixé un maximum pour la *perte de charge* dans les voies qui ne doit pas dépasser 1 volt par kilomètre. La pratique a mis en évidence l'insuffisance de cette règle qui, d'ailleurs, se justifie mal au point de vue théorique.

On peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de fixer un maximum, non

pour la perte de charge le long des voies, mais pour la *différence de potentiel entre les masses métalliques susceptibles d'être attaquées et les rails*. En effet, s'il existe une différence de potentiel critique au-dessous de laquelle l'électrolyse ne se produit pas, il suffit d'imposer cette valeur critique comme maximum.

Dans le but d'élucider ce point, nous avons entrepris une série d'expériences qui se sont poursuivies pendant 6 mois au Laboratoire de l'École supérieure des Télégraphes et au Poste central télégraphique de Paris.

Les expériences ont porté sur de la terre prélevée, d'une part, au commencement du boulevard des Invalides, loin de toute voie électrique; d'autre part, rue du Temple, en un point où se sont produits des cas très graves d'électrolyse. L'analyse chimique de ces terres a été faite au Service de la vérification du matériel des Postes et des Télégraphes. M. Mesnager, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et M. Durier, chimiste au Service de la répression des fraudes, ont également bien voulu nous prêter leur concours pour toutes les recherches chimiques. Ces terres contenaient, en dehors du sable siliceux, une très forte proportion de silicate d'alumine et de carbonate de chaux; elles contenaient, en outre, des quantités appréciables de sulfate de chaux, de chlorure de sodium et de nitrate de chaux. La perte au feu atteignait, au début, 16 pour 100 pour la terre du boulevard des Invalides et 22 pour 100 pour celle de la rue du Temple.

Les électrodes étaient des plaques de fer ou de plomb de 1^{mm} d'épaisseur et de 1^{dm^2} environ de surface.

Pour déterminer s'il existe une différence de potentiel critique au-dessous de laquelle ne se produit pas d'électrolyse, on avait placé des électrodes contre deux faces verticales opposées d'un certain nombre de cuves de 1^{dm^3} environ en bois paraffiné, remplies de terre comprimée aussi également que possible. Toutes les électrodes négatives étaient en fer; la moitié des électrodes positives était en plomb et l'autre en fer, elles ont été pesées au début et à la fin des expériences.

Ces diverses cuves ont été soumises d'une manière continuelle pendant plusieurs mois à des différences de potentiel de 0,1 volt, 0,2 volt, etc., jusqu'à 1 volt; des cuves témoins, préparées de la même manière, n'étaient soumises à aucune action électrique; la variation du poids des plaques de ces cuves témoins a permis de tenir compte des actions purement chimiques. On notait tous les jours l'intensité dans chaque cuve. Afin de maintenir la terre dans un état d'humidité constant, on versait tous les jours 20^g d'eau sur chaque cuve, ce qui correspond sensiblement à une chute annuelle de 70^{cm} d'eau qui est à peu près la moyenne de nos climats. La température du local des expériences a été maintenue aux environs de 16°.

Les expériences ont mis en lumière les faits suivants :

1° *La résistivité de la terre diminue à mesure que l'humidité augmente.* Elle est pratiquement infinie pour la terre absolument sèche ; elle peut tomber à 10^3 ohms : cm quand la terre est très fortement mouillée. Dans

les essais de longue durée dont il est parlé plus haut, la résistivité de la terre était en moyenne de 600 ohms : cm après trois semaines d'arrosage quotidien, au moment où l'on a appliqué aux cuves des différences de potentiel permanentes; elle était tombée à 2500 ohms : cm en moyenne après plusieurs mois d'arrosage quotidien et d'électrolyse permanente.

2° La résistance entre deux électrodes comprend non seulement la résistance de la terre, mais encore la *résistance des contacts entre terre et électrodes*. Cette résistance est *inversement proportionnelle à la surface*. La nature du métal a une influence considérable; le contact *plomb-terre* est beaucoup plus résistant que le contact *fer-terre :* dans les expériences de longue durée, la quantité d'électricité qui a traversé les cuves fer-fer a été en moyenne onze fois plus considérable que celle qui a traversé les cuves plomb-fer.

3° *La résistivité du sol et la résistance des contacts sont indépendantes des forces électromotrices et des intensités en jeu dans les limites expérimentées* (16 volts et une densité de courant de 0,010 ampère par décimètre carré), du moins tant qu'il ne s'est pas produit d'électrolyse notable.

4° Entre une électrode de plomb et une électrode de fer placées dans la même cuve remplie de terre, on constate à circuit ouvert une *différence de potentiel de* 0,15 *à* 0,2 volt, *du plomb vers le fer*. Si l'on applique une force électromotrice aux bornes d'une cuve plomb-fer, le courant ne circule dans le sens de la force électromotrice qu'autant qu'elle est supérieure à 0,2 volt.

5° *L'électrolyse se produit sur la plaque positive dès que le courant circule; aucune tension critique n'est nécessaire*. L'aspect des plaques et les pesées démontrent ce fait. Les plaques de plomb présentaient des taches grises de nitrate et de carbonate de plomb; les plaques de fer étaient beaucoup plus attaquées, elles étaient complètement détruites par places, et l'on trouvait dans la terre voisine de l'hydrate ferrique avec un peu d'oxyde ferreux (analyses de M. Durier).

6° *Dans chaque série d'expériences, la perte de poids est, aux erreurs près, proportionnelle à la quantité d'électricité qui a traversé la cuve et indépendante de la tension sous laquelle s'est produite l'électrolyse*. La perte de poids par ampère-heure varie avec les séries : les affinités chimiques du sol jouent évidemment un rôle très important. Elle a été en moyenne avec la terre de la rue du Temple de $2^g,88$ pour le plomb et de $0^g,89$ pour le fer; avec la terre du boulevard des Invalides, on a obtenu $1^g,6$ et $1^g,33$, mais ces deux chiffres, et surtout le dernier, sont sujets à caution.

Bien que les essais n'aient porté que sur un nombre très restreint de cas particuliers, il est possible d'en tirer les conclusions pratiques suivantes :

1° *L'électrolyse des conduites en fer placées dans le sol au voisinage des voies de tramways électriques peut se produire dès que les conduites sont positives par rapport aux rails ; l'électrolyse des câbles sous plomb peut se produire dès que la différence de potentiel entre plomb et rails dépasse + 0, 2 volt ;*

2° Sous une même différence de potentiel, *le plomb est attaqué beaucoup moins vite que le fer.*

PHYSIQUE. — *L'éther lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'éther dans un interféromètre en rotation uniforme.* Note de M. G. Sagnac, présentée par M. E. Bouty.

I. Principe de la méthode. — Je fais *tourner* uniformément, à un ou deux tours par seconde, autour d'un axe vertical, un plateau horizontal (50^{cm} de diamètre) portant, solidement vissées, les diverses pièces d'un interféromètre analogue à celui que j'ai employé dans mes recherches antérieures et décrit en 1910 (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1676). Les deux faisceaux interférents, réfléchis par quatre miroirs placés au bord du plateau tournant, sont superposés en sens inverses sur un même *circuit* horizontal *entourant une certaine aire* S. Le système tournant comprend aussi la source lumineuse, petite lampe électrique, et le récepteur, plaque photographique à grain fin, qui enregistre les franges d'interférence localisées au foyer d'une lunette.

Sur les photographies *d* et *s*, obtenues respectivement pendant une rotation *dextrorsum* du plateau et pendant une rotation *sinistrorsum* de même fréquence, le centre de la frange centrale présente deux positions différentes. Je mesure ce déplacement du centre d'interférence.

Première méthode. — Je repère sur *d*, puis sur *s*, la position de la frange centrale par rapport aux *images* de traits micrométriques verticaux placés dans le plan focal du collimateur éclairant.

Deuxième méthode. — Je mesure directement la distance de la frange centrale verticale d'une photographie *d* à la frange centrale d'une photographie *s* exactement contiguë à la première au-dessous d'une ligne nette horizontale de séparation. J'obtiens directement ces deux photographies contiguës sans toucher au châssis photographique, en donnant, avant chacune des deux poses *d* et *s*, les deux positions contiguës correspondant à la fente éclairante à bords horizontaux tranchants (lames de rasoir), dans le plan focal du collimateur.

II. Effet tourbillonnaire optique. — Mesuré en interfrange, le déplacement z du centre d'interférence, que j'ai observé par la méthode précédente, est un cas particulier de l'effet tourbillonnaire optique que j'ai défini antérieurement (*Congrès de Bruxelles de septembre* 1910, t. I, p. 217; *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 310; *Le Radium*, t. VIII, 1911, p. 1), et qui, dans les idées actuelles, doit être regardé comme une manifestation directe de l'éther lumineux :

Dans un système en mouvement d'ensemble par rapport à l'éther, la durée de propagation entre deux points quelconques du système doit être altérée comme si le système était immobile et soumis à l'action d'un *vent d'éther*, dont la vitesse relative en chaque point du système serait égale et directement opposée à celle de ce point et qui emporterait les ondes lumineuses à la manière du vent de l'atmosphère emportant les ondes sonores. L'observation de l'effet optique d'un tel *vent relatif d'éther* constituera une *preuve de l'éther*, de même que l'observation de l'influence du vent relatif de l'atmosphère sur la vitesse du son dans un système en mouvement permettrait, à défaut d'autre effet sensible, de prouver l'existence de l'atmosphère entourant le système en mouvement.

La nécessité d'emprunter à *un même point* lumineux primitif les vibrations que nous réunissons en *un autre point* pour les faire interférer réduit à zéro l'effet interférentiel du premier ordre de la translation d'ensemble d'un système optique, à moins que la matière, entraînant l'éther, ne provoque, dans le circuit optique utilisé d'aire S, une *circulation* C de l'éther, c'est-à-dire un *tourbillon* bS *d'éther* (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1220; 1910 et 1911, *loc. cit.*). J'ai montré interférentiellement (1910 et 1911, *loc. cit.*), avec un circuit optique de 20^{m^2} de projection *verticale*, que l'entraînement de l'éther au voisinage du sol ne produit pas même une *densité* b *de tourbillon* d'éther de $\frac{1}{1000}$ de radian par seconde.

Dans un circuit optique *horizontal*, à la latitude α, la rotation diurne de la Terre doit, si l'éther est immobile, produire un tourbillon relatif d'éther dont la densité est, en appelant T la durée du jour sidéral, $\frac{4\pi \sin\alpha}{T}$ ou $\frac{4\pi \sin\alpha}{86164}$ radian par seconde, notablement inférieure à la limite supérieure $\frac{1}{1000}$ que j'ai établie pour un circuit vertical. J'espère pouvoir déterminer si le petit effet tourbillonnaire optique correspondant existe ou non.

Il m'a été plus facile de trouver d'abord la preuve de l'éther en faisant tourner un petit circuit optique. Une fréquence N de deux tours à la seconde m'a fourni une densité de tourbillon relatif d'éther 4πN de

25 radians par seconde. Une rotation uniforme *dextrorsum* de l'interférographe produit un *vent d'éther sinistrorsum;* elle retarde de x la phase de celui (T) des deux faisceaux dont la circulation autour de l'aire S est *dextrorsum* et avance d'autant le faisceau inverse R, ce qui déplace les franges de $2x$ rangs. Le déplacement z, que j'observe en passant d'une photographie s à une photographie d, doit être double du précédent. D'après la valeur de x déjà donnée (*loc. cit.*, 1910 et 1911), on a

$$z = 4x = 4\frac{bS}{\lambda V_0} = \frac{16\pi NS}{\lambda V_0};$$

V_0 désigne la vitesse de la lumière dans le vide; λ la longueur d'onde utilisée.

Pour une fréquence N de 2 par seconde, l'aire S du circuit étant de 860^{cm^2}, le déplacement z atteint, dans la lumière indigo utilisée, la valeur 0,07, bien visible sur les photographies que je joins à cette Note, et où l'interfrange est de $0^{mm},5$ à 1^{mm}.

Le déplacement interférentiel z, fraction constante de l'interfrange pour une même fréquence N de rotation, devient invisible sur les photographies quand les franges ont été réglées suffisamment étroites; cela montre que l'effet observé est bien dû à une *différence de phase* liée au mouvement de rotation du système et que (grâce aux contre-vis qui bloquent les vis de réglage des pièces optiques) le déplacement du centre d'interférence, observé en comparant une photographie s à une photographie d, ne dépend pas des déplacements relatifs accidentels ou élastiques des pièces optiques pendant la rotation.

Un tourbillon d'air, produit au-dessus de l'interféromètre par un ventilateur d'axe vertical soufflant vers le bas, ne déplace pas le centre d'interférence, grâce à la superposition soigneusement réglée des deux faisceaux inverses. Le tourbillon d'air, analogue et moins intense, que produit l'interféromètre en tournant n'agit donc pas sensiblement.

L'effet interférentiel observé est bien l'effet tourbillonnaire optique dû au mouvement du système par rapport à l'éther et manifeste directement l'existence de l'éther, support nécessaire des ondes lumineuses de Huygens et de Fresnel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La tension d'expansibilité des liquides normaux.* Note de M. L. GAY, présentée par M. A. Haller.

J'ai vérifié, pour de nouveaux corps, la relation

$$\log \pi = \log \frac{RT}{V-b} + \frac{b}{V-b} - \frac{E\mathcal{L} + PV - RT}{RT} \quad (1) \tag{1}$$

π tension d'expansibilité, V volume moléculaire, b covolume de Van der Waals, $\mathcal{L}$ chaleur moléculaire d'idéalisation.

J'ai obtenu les résultats suivants :

Pentane normal.

	t.					
	— 30°.	— 20°.	0°.	20°.	40°.	50°.
b (en cm³)....	83,75	83,88	83,925	83,765	83,62	83,37
K (en atm.)...	853	839	804	764,5	726	703

K : pression interne en atmosphères.

Jusqu'à 30°, environ : $b = 83^{cm^3},8 \pm 0,1$.

Hexane normal.

	t.					
	0°.	10°.	30°.	50°.	70°.	90°.
b	101,015	101,185	101,455	101,61	101,52	101,235
K............	853	836	801,5	763	724,5	679,5

Entre 30° et 80° : $b = 101^{cm^3},5 \pm 0,1$.

Heptane normal.

	t.						
	0°.	20°.	40°.	60°.	80°.	100°.	120°.
b	119	119,495	119,765	119,825	119,695	119,265	118,495
K.......	933	888,5	841	791,5	741,5	690,5	637,5

Entre 30° et 80° : $b = 119^{cm^3},7 \pm 0,1$.

---

(1) Voir mes Notes antérieures : *Comptes rendus*, t. **153**, 1911, p. 262 et 722; t. **156**, 1913, p. 1015 et 1070.

Octane normal.

	t.					
	40°.	60°.	80°.	100°.	120°.	140°.
b	138,035	138,505	138,865	138,855	138,715	137,895
K	902,5	851,5	802	747	694	640

Entre 70° et 120° : $b = 138^{cm^3},75 \pm 0,1$.

Diisobutyle.

	t.					
	20°.	40°.	60°.	80°.	100°.	120°.
b	136,39	136,725	136,83	136,64	136,005	134,995
K	849	799,5	750	700,5	649	598

Entre 30° et 80° : $b = 136^{cm^3},75 \pm 0,1$.

Bromure d'éthyle.

	t.				
	−20°.	0°.	20°.	40°.	50°.
b	53,535	53,605	53,50	53,26	53,05
K	1192,5	1163,5	1125,5	1081	1034

Jusqu'à 30° environ : $b = 53^{cm^3},5 \pm 0,1$.

Bromobenzène.

	t.						
	60°.	80°.	100°.	120°.	140°.	160°.	170°.
b	84,40	84,495	84,495	84,425	84,265	84,095	83,89
K	1111,5	1090,5	1063	1033,5	1000	966	947,5

Jusqu'à près de 140° : $b = 84^{cm^3},4 \pm 0,1$.

Éther éthylique.

	t.					
	−10°.	0°.	10°.	20°.	30°.	50°.
b	95,515	95,555	95,50	95,35	95,16	94,53
K	861	834	806	777	748,5	688

Jusqu'à 20° : $b = 95^{cm^3},45 \pm 0,1$.

Relations entre le covolume b et les constantes critiques :

J'ai déterminé, en utilisant les données de Young (¹), les rapports, au covolume b : 1° du volume moléculaire critique V_c; 2° du volume moléculaire théorique, $\frac{R\theta}{\Pi}$, du gaz parfait pris à la température critique θ et à la pression critique Π.

Si la loi des états correspondants était exactement vérifiée, ces rapports seraient respectivement constants.

J'ai obtenu le Tableau suivant :

Corps.	$\frac{V_c}{b}$.	$\frac{R\theta}{\Pi b}$.
Pentane normal	3,705	13,945
Isopentane	3,7	13,865
Hexane normal	3,621	13,865
Diisopropyle	3,6495	13,65
Heptane normal	3,5745	13,77
Octane normal	3,538	13,665
Diisobutyle	3,539	13,44
Cyclohexane	3,6975	13,67
Benzène	3,6895	13,85
Chlorobenzène	3,688	13,94
Bromobenzène	3,834	14,6
Éther	3,596	11,125
Moyennes	3,6525	13,84 (²)

Au point de vue des rapports précédents, la loi des états correspondants est donc sensiblement vérifiée.

Sept corps donnent une concordance du $\frac{1}{70}$ pour le premier rapport; cette même concordance est obtenue pour neuf liquides dans le cas du second rapport.

Inversement, en adoptant les valeurs moyennes du Tableau précédent, nous pourrons calculer, *a priori*, le rapport $\frac{\theta}{\Pi}$ et le volume moléculaire critique V_c des corps *dont nous admettons la normalité*.

Pour C^2H^5Br on obtient : $\frac{\theta}{\Pi} = 9{,}017$ (³); $V_c = 195^{cm^3},4$.

(¹) *Sc. proc. Roy. Dub. Soc.* [N. S.], t. XII, 1910, p. 414.

(²) Le dernier rapport éliminé.

(³) Π en atmosphères.

La concordance des rapports précédents s'étend même au cas de CCl^4 et des éthers-sels, corps non normaux, c'est-à-dire ne vérifiant pas la relation I (b non constant). J'ai adopté pour valeur de b la moyenne des résultats obtenus dans un intervalle de tensions de vapeurs de 50^{mm} de mercure à 1400^{mm} (1).

J'ai obtenu le Tableau :

Corps.	$\frac{V_c}{b}$.	$\frac{R\theta}{\Pi b}$.
Tétrachlorure de carbone	3,765	13,85
Formiate de méthyle	3,722	14,02
Acétate de méthyle	3,643	13,98
» d'éthyle	3,5895	14,17
» de propyle	3,556	13,995
Propanoate de méthyle	3,583	14
Propanoate d'éthyle	3,5575	13,95

La concordance avec les moyennes précédentes est du $\frac{1}{30}$, au moins, pour $\frac{V_c}{b}$; elle est du $\frac{1}{70}$ pour $\frac{R\theta}{\Pi b}$ (sauf pour $CH^3CO^2C^2H^5$: concordance $\frac{1}{40}$).

En résumé, la constance du rapport $\frac{R\theta}{\Pi b}$ est vérifiée au $\frac{1}{70}$ pour 15 liquides normaux ou quasi-normaux, la constance du rapport $\frac{V_c}{b}$ est vérifiée au $\frac{1}{70}$ pour 8 liquides (dont un seul quasi-normal), au $\frac{1}{30}$ pour 10 nouveaux corps (4 normaux, 6 quasi-normaux).

DYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Sur la combustion des mélanges gazeux et les vitesses de réaction.* Note (2) de M. **Taffanel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les déterminations relatives à la combustion des mélanges gazeux : températures d'inflammation, retards à l'inflammation, limites d'inflammabilité, vitesses de propagation, sont fonctions des vitesses de réaction; j'ai cherché à déduire de ces déterminations, et notamment des résultats obtenus avec la collaboration de M. Le Floch et relatés en de précédentes Notes, l'ordre de grandeur des vitesses de réaction à diverses températures.

(1) Quoique b ne soit pas constant, il varie relativement peu; par exemple pour CCl^4 (maximum de variation) on a pour 33^{mm} : $b = 74,17$; pour 1112^{mm} : $b = 72,395$; je dirai que ces corps sont quasi-normaux.

(2) Présentée dans la séance du 13 octobre 1913.

I. On a mesuré dans un certain récipient les retards à l'inflammation, pour des températures de parois variant depuis la température d'inflammation jusqu'à celle où le retard est inappréciable.

La courbe R représente (*fig.* 1), en fonction de la température, la variation du nombre de calories q dégagées par la réaction pendant l'unité de temps; ce nombre varie peu, du fait du degré d'avancement de la réaction, en cette phase initiale de la combustion; on néglige cette variation. La droite D représente le nombre de calories transmises, pendant l'unité de temps, aux parois du vase à la température θ_0; c désignera la capacité calorifique du mélange gazeux. Selon l'interprétation donnée dans une Note du 19 mai 1913, le retard à l'inflammation, pour une température de paroi θ_0, a pour expression

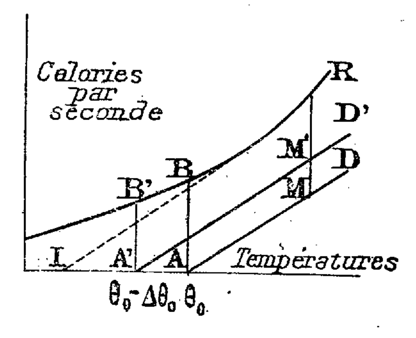


Fig. 1.

$$\rho_{\theta_0} = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \frac{c\,d\theta}{\mathrm{MN}};$$

θ_1 est la température où commence la réaction vive qu'enregistrent les diagrammes d'essais.

On construit la courbe R de proche en proche en commençant par les températures élevées; supposons qu'on l'ait tracée jusqu'en B, température θ_0; on veut déterminer le point B′ où la température est $\theta_0 - \Delta\theta_0$; on a mesuré le retard à cette température :

$$\rho_{\theta_0 - \Delta\theta_0} = \frac{c\,\Delta\theta}{\mathrm{A'B'}} + \int_{\theta_0}^{\theta_1} \frac{c\,d\theta}{\mathrm{M'N}};$$

l'intégrale se déduit de la partie déjà construite de R; l'équation donne A′B′. La construction suppose connue l'inclinaison de la droite D; si l'on n'a pas de bonnes évaluations du coefficient de transmission de chaleur aux

parois, on essaie diverses inclinaisons jusqu'à ce qu'on aboutisse à une courbe R telle qu'une tangente, parallèle à D, coupe l'axe des températures vers la température d'inflammation. D'ailleurs si ce coefficient est petit ou si les retards sont faibles, on a approximativement $q = -c\frac{d\theta}{d\rho}$ et l'on peut construire tout ou partie de R sans préciser ce coefficient.

Ces constructions donnent, en fonction des températures, les vitesses de réaction vers 0,01 à 0,1 cal-g par seconde pour la masse de gaz occupant 1^{cm^3} à 0°C.; elles ne sont qu'approchées, parce que la loi des retards n'est pas établie avec une grande précision et que l'hypothèse de l'invariabilité de R, au cours du retard, n'est pas rigoureuse; d'ailleurs, dans le cas du grisou, les lois de retards et températures d'inflammation varient suivant les échantillons (*fig.* 2).

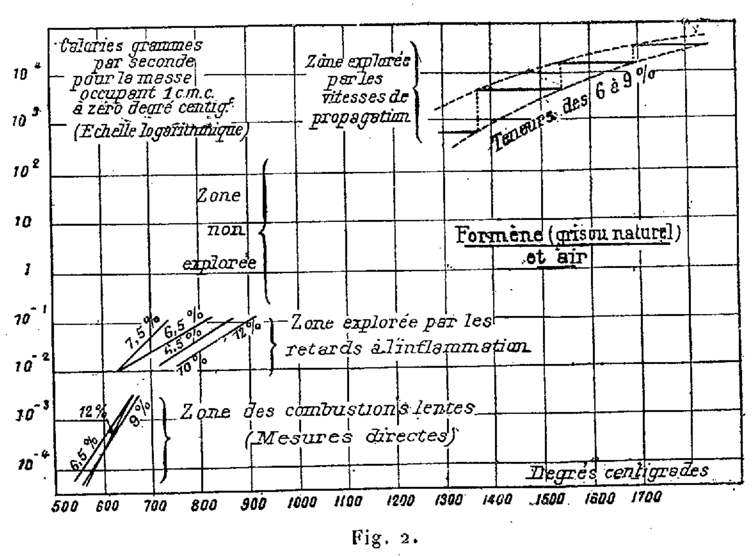


Fig. 2.

II. On mesure la vitesse de régime v avec laquelle la flamme se propage dans le mélange combustible au repos, en tube cylindrique. On écrit que la chaleur q dégagée par la réaction est égale à la somme de la chaleur d'échauffement de la tranche d'abscisse x et de la variation du flux calorifique. Soient c le coefficient de chaleur spécifique à pression constante, k le coefficient de conductibilité, on obtient l'équation de conductibilité

$$k\frac{d^2\theta}{dx^2} + cv\frac{d\theta}{dx} + q = 0.$$

Il s'agit de déterminer l'ordre de grandeur de q entre la température de

réaction vive θ_1 et la température de combustion θ_2; on supposera q constant; on aura ainsi une sorte de moyenne entre les valeurs extrêmes dans le champ d'intégration; on prendra également pour k et c, qui varient avec la température et le degré d'avancement de la réaction, des valeurs moyennes. On peut alors intégrer; on écrit ensuite qu'à la température θ_2, quand la réaction, étant achevée, a dégagé la chaleur de combustion Q, le flux calorifique est nul; on obtient entre q et v la relation

$$q = \frac{cQv^2}{k\lambda} \qquad \text{avec} \qquad e^{-\lambda} + \frac{\theta_1}{\theta^2}\lambda - 1 = 0.$$

En portant les vitesses v mesurées par MM. Mallard et Le Chatelier, on trouve pour q, rapporté à la seconde et à la masse de gaz occupant 1^{cm^3} à 0°, des nombres de l'ordre de grandeur de 10^3 à 10^4 pour les mélanges de formène et d'air, et jusqu'à 10^6 pour les mélanges d'hydrogène et d'air; si l'on admet que, comme pour des températures plus basses, les variations de teneurs n'entraînent pas de très grandes variations de q, on comparera les q moyens obtenus avec diverses teneurs jusqu'à des θ_2 divers, et l'on en déduira l'ordre de grandeur probable de q entre ces θ_2; le diagramme ci-contre donne le résultat de ces évaluations approximatives, pour les mélanges de formène et d'air. Les vitesses de réaction correspondant aux mélanges imites d'inflammabilité paraissent être de l'ordre de grandeur de 10^2 à 10^3.

CHIMIE. — *Préparation de l'éthylate d'aluminium.* Note de M. Clément Berger.

L'aluminium amalgamé possède la propriété de décomposer l'eau à froid, comme les métaux alcalins, lesquels, d'autre part, donnent des éthylates en réagissant sur l'alcool. En outre, MM. Gladstone et Tribe ont obtenu l'éthylate d'aluminium en distillant dans le vide, après l'avoir chauffé quelque temps à 270°, le produit de la réaction de l'aluminium sur l'alcool, en présence d'iode. Sur ces données, nous avons formé l'hypothèse qu'il serait possible de préparer cet éthylate en faisant réagir l'aluminium amalgamé sur l'alcool, dans des conditions convenables.

En chauffant l'aluminium amalgamé avec de l'alcool absolu, nous avons obtenu un dégagement d'hydrogène et nous avons pu, ensuite, précipiter dans le liquide une petite quantité d'alumine. Mais la réaction est faible et l'on peut se demander si elle n'a pas lieu aux dépens de quelques traces

d'humidité subsistant dans les produits mis en œuvre plutôt qu'aux dépens de l'alcool.

Il n'en est pas de même si l'on fait réagir l'aluminium amalgamé sur de l'alcool absolu contenant un peu d'éthylate de sodium.

Nous procédons en faisant dissoudre dans l'alcool un peu de sodium ; puis nous y introduisons des lames d'aluminium, amalgamées par immersion dans une solution saturée de bichlorure de mercure et soigneusement essuyées et séchées avec un linge au sortir de cette solution. Quelques bulles d'hydrogène commencent à se dégager à froid. En chauffant sous réfrigérant à reflux, le dégagement d'hydrogène devient vif. Après un certain temps, un précipité gris se forme. Il est constitué d'un peu d'alumine, due sans doute à des traces d'humidité; d'éthylate d'aluminium qui se dépose parce que le liquide s'en est saturé et de fins globules de mercure qui proviennent de la désamalgamation progressive de l'aluminium. On pousse la réaction jusqu'à ce que l'alcool soit bien saturé d'éthylate, c'est-à-dire jusqu'à ce que le précipité soit en quantité notable. On filtre sur plaque de Witt; car autrement la filtration est lente et expose le produit à l'humidité atmosphérique qui le décompose. Le liquide filtré est de l'alcool aluminé analogue à l'alcool sodé. Par évaporation dans le vide on peut isoler, à l'état solide, l'éthylate résultant de la réaction

$$3\,C^2H^6O + Al = (C^2H^5O)^3Al + 3H.$$

Dans cette réaction, l'éthylate de sodium paraît jouer, avec le mercure, le rôle d'agent catalytique. Une forte proportion de sodium facilite la réaction; mais alors on obtient un mélange d'éthylate de sodium et d'éthylate d'aluminium au lieu d'obtenir ce dernier à peu près pur.

L'éthylate d'aluminium tel que nous l'avons obtenu, soit à l'état solide, soit en solution dans l'alcool, est très sensible à l'eau qui le décompose avec formation d'alumine et régénération de l'alcool. Aussi importe-t-il d'éviter l'humidité dans tout le cours des opérations. Des quantités, même légères, d'eau en compromettent le succès. Dans ce cas, dès le début de la réaction, un précipité d'alumine se dépose; en même temps l'aluminium se désamalgame rapidement et la réaction s'arrête.

L'éthylate d'aluminium solide est décomposable par la chaleur.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la présence du gallium dans les aluminiums du commerce et sa séparation.* Note de MM. **Ch. Boulanger** et **J. Bardet**, présentée par M. A. Haller.

Le gallium a été isolé, en 1875, de la blende de Pierrefitte, par Lecoq de Boisbaudran qui, un an plus tard, avec M. Jungfleisch parvint à en extraire 62^g en partant de 4300^{kg} de minerai.

Depuis, divers expérimentateurs ont reconnu la présence, en proportion variable, de ce métal dans la plupart des minerais de zinc. M. G. Urbain [1], entre autres, a signalé une soixantaine de gisements de blendes contenant du gallium dans ces recherches spectrographiques sur le germanium.

M. A. de Gramont nous a dit avoir remarqué la présence du gallium dans les feldspaths de nombreuses roches.

L'un de nous [2] a également constaté sa présence dans un grand nombre d'eaux minérales.

Ce métal paraît donc extrêmement répandu dans la nature.

Ayant eu à examiner spectrographiquement plusieurs échantillons d'aluminium du commerce, nous avons constaté la présence constante des trois raies du gallium $\lambda 2874,35$; $\lambda 2943,77$; $\lambda 2944,29$. Ces raies avaient une intensité telle que nous nous sommes demandé si ce métal n'accompagnait pas l'aluminium en quantités dosables, et nous en avons tenté la séparation.

A cet effet, nous avons attaqué par l'acide chlorhydrique $1^{kg},700$ d'un aluminium que nous avions à notre disposition. Nous avons séparé les différents métaux qu'on rencontre toujours dans l'aluminium, tels que Cu, As, Sb, Sn, Pb, Zn, Fe, Na, Si, etc., par des traitements appropriés, c'est-à-dire par l'hydrogène sulfuré, soit en liqueur chlorhydrique, soit en liqueur acétique.

En répétant ces traitements trois fois, il ne nous restait plus que le gallium avec un peu de fer entraîné. Une dernière attaque par la potasse à l'ébullition a éliminé complètement le fer.

Nous avons recueilli ainsi $0^{g},3895$ de galline Ga^2O^3, soit $0^{g},017$ pour 100 de gallium métal par rapport à l'aluminium employé.

Cette galline a été examinée au spectrographe à prisme de quartz, en usage au laboratoire de M. G. Urbain, et nous avons pu constater la pureté du produit obtenu.

Comme vérification de l'origine de ce corps, nous avons examiné plusieurs échantillons de bauxite, minerai ordinairement utilisé, et nous y avons retrouvé les raies indiquées plus haut. Ces résultats, rapprochés de ceux de M. A. de Gramont, laissent à supposer que le gallium accompagne toujours l'aluminium dans la nature.

---

(1) G. Urbain, *Analyse spectrographique des blendes* (*Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 602).

(2) J. Bardet, *Étude spectrographique des eaux minérales françaises* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 224).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une famille de phosphures métalliques dérivés du phosphure d'hydrogène* P^5H^2. Note de MM. **R. Bossuet** et **L. Hackspill**, présentée par M. Le Chatelier.

Lorsque l'on considère les innombrables phosphures métalliques qui ont été décrits, on est surpris de ne pouvoir en grouper un certain nombre de formule analogue, en une même famille, comme cela est facile pour les sulfures par exemple. Il faut faire une exception, cependant, en faveur de PNa^3 et PK^3 dérivés de PH^3 et découverts par M. Joannis (¹) et aussi des quatre phosphures alcalins de formule P^5M^2 décrits dans une Note précédente (²).

L'action de l'ammoniac liquide, dont il n'avait alors pas été question, a fourni depuis des résultats intéressants que nous croyons utile de mentionner aujourd'hui.

Du phosphure de rubidium P^5Rb^2 placé dans une ampoule de verre dans laquelle on fait circuler du gaz ammoniac reste absolument inaltéré; mais si l'on vient à liquéfier l'ammoniac, on obtient une solution jaune de même apparence qu'une solution d'acide picrique dans l'eau et absolument limpide.

Par évaporation aux environs de — 18°, le résidu solide est constitué par de beaux cristaux jaunes, transparents, qui semblent octaédriques; ces cristaux, en revenant à la température ordinaire, s'effleurissent en perdant de l'ammoniac et le phosphure reprend l'aspect amorphe.

Deux analyses de cristaux faites en pesant le phosphure seul, puis l'ampoule renfermant le phosphure et le gaz ammoniac abandonné par les cristaux au moment de leur décomposition, et enfin l'ampoule vide, ont donné les résultats suivants :

$$P^5Rb^2 + 4{,}88\,NH^3 \qquad \text{et} \qquad P^5Rb^2 + 4{,}85\,NH^3$$

Il est donc permis d'admettre que la formule des cristaux est

$$P^5Rb^2,\ 5\,NH^3.$$

En possession d'une dissolution de phosphure alcalin, il était naturel de tenter la double décomposition de ce corps avec les sels métalliques.

Les nitrates sont solubles dans l'ammoniac; le seul inconvénient qu'ils présentent parfois, c'est d'être très difficiles à obtenir anhydres.

Des solutions parfaitement limpides d'azotates de baryum, de strontium, de calcium, d'argent, de cuivre, de plomb, successivement mélangées à une solution de phosphure

(¹) Joannis, *Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 557.

(²) Hackspill et Bossuet, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 209.

de rubidium, ont fourni des précipités jaunes pour les alcalino-terreux, brun pour l'argent, noirs pour les autres métaux.

Malheureusement les lavages à l'ammoniac devaient être faits en vase clos et à basse température, ils étaient longs et pénibles, car la plupart des précipités obtenus, à l'exception du phosphure de plomb, ne se déposaient que lentement; de plus, leur grande oxydabilité augmentait les difficultés de l'analyse.

Des résultats assez satisfaisants ont pu cependant être obtenus avec le plomb. Le précipité, pesé dans l'acide carbonique sec, fut attaqué en tube scellé par l'eau régale faible, le plomb dosé à l'état de sulfate et le phosphore à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Voici les nombres obtenus :

	Analyse 1.	Analyse 2.	Calculé pour P^5Pb.
Plomb	57,91	57,57	57,19
Phosphore	41,27	41,31	42,81

On peut donc représenter la réaction par l'équation suivante :

$$P^5Rb^2 + (NO^3)^2Pb = P^5Pb + 2NO^3Rb.$$

On ne connaissait jusqu'à ce jour aucune combinaison du plomb et du phosphore. Le phosphure de plomb est un corps noir amorphe; examiné au microscope, il semble parfaitement homogène. Chauffé dans le vide, il abandonne du phosphore vers 400° sans fondre; dans un courant d'hydrogène, la décomposition commence beaucoup plus bas; mais dans les deux cas, il faut monter à 500° pour chasser tout le métalloïde et obtenir finalement des globules de plomb fondu. Il peut brûler spontanément à l'air. L'eau l'attaque très lentement, les acides sulfurique et chlorhydrique étendus donnent du phosphure d'hydrogène solide et du sulfate ou chlorure de plomb. L'acide azotique donne de l'acide phosphorique et du nitrate de plomb.

En résumé, les phosphures alcalins P^5M^2 peuvent former des phosphures ammoniacaux cristallisés et solubles dans l'ammoniac liquide. Ils peuvent, à cet état, donner lieu à de doubles décompositions avec les sels métalliques dissous dans le même solvant. De ces réactions résultent des précipités de phosphures dont la couleur varie avec le métal étudié, et dont la formule doit être d'une façon générale P^5M, analogue à celle du phosphure de plomb P^5Pb qui a été analysé. Tous ces composés peuvent être considérés comme des sels de l'acide P^5H^2, qui n'est autre que le phosphure d'hydrogène solide de Le Verrier, comme l'un de nous l'a démontré (1).

(1) L. Hackspill, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1466.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation d'un alcool secondaire dérivé du furfurol en présence du nickel.* Note de M. **Roger Douris**, présentée par M. Haller.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai montré que, lors de l'hydrogénation catalytique, en présence de nickel, de certains alcools secondaires α-éthyléniques de la série aliphatique, il y a déshydratation de l'alcool, puis hydrogénation du carbure éthylénique formé; finalement, il y a production de la fonction carbure saturé là où était une fonction alcoolique.

Il m'a paru intéressant d'étendre les résultats obtenus à des composés hétérocycliques, tels que les alcools secondaires dérivés du furfurol, et de voir si l'on obtiendrait des carbures dérivés du tétrahydrofurfurane ou oxybutane

$$\underbrace{CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2}_{O}$$

A la vérité, le cas avait été résolu pour le furfurol lui-même par Padoa et Ponti ([2]); ils obtinrent :

1° L'α-méthylfurfurane mélangé de méthyltétrahydrofurfurane;

2° Le tétrahydro-α-méthylfurfurane;

3° La méthylpropylcétone;

4° Le pentanol-2.

Je me suis alors adressé à l'éthylfurfurylcarbinol $C^4H^3O.CHOH.C^2H^5$. Ce composé avait été déjà préparé par A. Pawlinoff et G. Wagner ([3]) au moyen du furfurol et du zinc-éthyle à une époque où les composés de M. Grignard étaient inconnus. Je me suis assuré que ces composés permettaient de le préparer avec la même facilité que l'alcool isoamylé de M. Grignard ([4]).

L'emploi d'un excès de composé organomagnésien, dans le but de provoquer la formation du carbure de déshydratation, n'a pas conduit au résultat désiré; on n'obtient encore que l'alcool secondaire. Ce dernier est un liquide incolore légèrement sirupeux, d'une odeur très faible, bouillant

([1]) R. Douris, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 55.

([2]) Padoa et Ponti, *Att. Accad. Linc.*, t. XV (2), 1906, p. 610-615.

([3]) A. Pawlinoff et G. Wagner, *D. ch. G.*, t. XVII, 1884, p. 1869.

([4]) V. Grignard, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXIV, 1901.

à 89°-90° sous 22mm, ou 79°-80° sous 16mm; $d_4^0 = 1,0628$; $d_4^{19} = 1,0452$, donnant une coloration verte sous l'influence d'une trace d'acide minéral.

La transformation de cet alcool en phényluréthane et en sulfophényluréthane a échoué, de même que l'obtention de son éther acétique. MM. Pawlinoff et G. Wagner avaient déjà mentionné l'impossibilité d'obtenir l'éther acétique du même alcool par l'anhydride acétique.

L'hydrogénation de l'éthylfurfurylcarbinol se réalise, si on le fait passer lentement (6 gouttes à la minute) à 175°, avec de l'hydrogène, sur du nickel réduit de l'oxyde au-dessous de 270°. Le liquide visqueux à peine odorant est transformé en un liquide mobile, complexe, d'une odeur forte et pénétrante contenant des parties assez volatiles et de l'eau. Ce produit est desséché sur du sulfate de sodium anhydre; on effectue un premier fractionnement dans le vide sous 40mm. Dans le but d'avoir une saturation complète, les fractions inférieures sont soumises de nouveau à l'hydrogénation à la température de 115°, les fractions supérieures sont traitées par l'hydrogène sur le nickel à la température primitive (175°).

Le fractionnement sous des pressions différentes donne les portions suivantes :

1° Éb. 127°-130° sous la pression atmosphérique; liquide mobile, d'une odeur menthée très agréable. Un grand nombre d'analyses permettent de considérer cette fraction comme un mélange contenant principalement du propyloxybutane $C^4H^7O.C^3H^7$ et du propyloxybutadiène $C^4H^3O.C^3H^7$;

2° Éb. 140°-150° sous la pression atmosphérique; liquide également odorant, contenant de la dipropylcétone $C^3H^7.CO.C^3H^7$ qu'on extrait à l'état de semicarbazone (f. 132°);

3° Éb. 87°-90° sous 15mm; liquide incolore légèrement sirupeux, d'odeur très faible; produit principal de la réaction. C'est l'alcool saturé ou éthyltétrahydrofurfurylcarbinol $C^4H^7O.CHOH.C^2H^5$ ($d_4^0 = 1,0051$) $d_4^{20} = 0,9869$; ne se colorant pas sous l'influence d'une trace d'un acide minéral;

4° Éb. 110°-120° sous 15mm; fraction très sirupeuse, peu abondante, qui cristallise dans le réfrigérant et dont l'odeur, quoique faible, rappelle un peu celle des produits de tête.

L'acétylation y décèle la présence d'un glycol $C^7H^{16}O^2$ qui résulterait de la persistance de la fonction alcool secondaire de l'alcool précédent et d'une autre fonction alcool créée au cours de l'hydrogénation aux dépens du chaînon oxygéné.

La formation des carbures de tête ainsi que celle de la dipropylcétone par ouverture de la chaîne sont des résultats en conformité avec ceux obtenus par Padoa et Ponti. De plus le changement de saturation de l'alcool se traduit par une assez curieuse propriété. Il a été impossible, jusqu'à ce jour, d'obtenir l'éther acétique de l'éthylfurfurylcarbinol; véritable anomalie puisqu'on a obtenu aisément les éthers acétiques des homologues supérieurs propylfurfurylcarbinol, isoamylfurfurylcarbinol. Or, après saturation du

noyau diéthylénique du furfurol, l'éther acétique de l'alcool éthylé, $C^4H^7O.CH(CO^2CH^3)C^2H^5$, s'obtient avec la plus grande facilité. C'est un liquide incolore plus mobile que l'alcool, d'une odeur faible bouillant à 90°-91° sous 12^{mm} : $d_4^0 = 1,0334$; $d_4^{16} = 1,0149$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Leucobases et colorants du diphényléthylène* (VII) : *Action des magnésiens d'iodures de méthyle et d'éthyle sur la cétone de Michler.* Note de M. **P. Lemoult**, transmise par M. Jungfleisch.

L'action sur la cétone de Michler des magnésiens dérivés des chlorures, bromures et iodures alcooliques primaires et secondaires, a conduit dans la très grande majorité des cas, non pas à des dérivés alcooliques (formule I), mais à des composés éthyléniques provenant de leur anhydrisation (formule II).

$$\text{I.}\quad R - \underset{\text{OH}}{C}\!\!\left\langle\begin{matrix}\text{Dm}\\\text{Dm}\end{matrix}\right. \qquad\qquad \text{II.}\quad (R - H) = C\!\left\langle\begin{matrix}\text{Dm}\\\text{Dm}\end{matrix}\right.$$

$Dm = C^6H^4N(CH^3)^2$ (Freund et Mayer, Busignies, Wahl et Meyer, Lemoult).

Cependant l'action des magnésiens de CH^3I et C^2H^5I mérite de retenir encore l'attention, car les résultats obtenus diffèrent et parfois se contredisent suivant les auteurs ; les uns (ce Recueil, t. **149**, 1909, p. 348, et *Berichte*, t. XXXIX, 1906, p. 117) ont obtenu uniquement les deux corps éthyléniques :

$$\text{III.}\quad CH^2 = C(Dm)^2, \qquad\qquad \text{IV.}\quad CH^3 - CH = C(Dm)^2,$$

à tel point que Freund et Mayer, qui cherchaient à préparer les carbinols, ont abandonné cette réaction qui ne les leur fournissait point. D'autres, en particulier Fecht (*Berichte*, t. XL, 1907, p. 3893), prétendent avoir obtenu les carbinols, par exemple $CH^3 - C(OH)(Dm)^2$ sous formes d'aiguilles incolores fondant à 152°, cristallisant dans l'alcool, le benzène ou l'éther de pétrole, mais perdant facilement son eau quand on le distille, et fournissant alors le carbure III fondant à 124°; ce carbinol donnerait avec l'acide acétique concentré une coloration bleue intense que l'eau ferait disparaître; de même, un de mes collègues m'avait informé qu'il confirmait ces résultats; il pensait avoir préparé deux carbinols, celui qui dérive de CH^3I fondant à 152° et celui d'iodure d'éthyle fondant à 125°; il tenait pour exacte l'opinion de Fecht. Ce collègue ayant eu l'obligeance de m'apporter les produits qu'il avait obtenus, je pus lui montrer qu'ils étaient tous deux des mélanges contenant de la cétone de Michler et soit le carbure III, soit le carbure IV, la proportion de cétone étant au moins 74 pour 100 dans le premier cas et 54 pour 100 dans le second; la séparation se fait par

dilution progressive dans l'eau d'une solution faite primitivement dans l'acide acétique concentré; la cétone précipite à l'état cristallisé et les liqueurs filtrées donnent, par action de l'ammoniaque, les deux carbures.

Il est bien probable que le soi-disant carbinol de Fecht, qui est censé lui aussi fondre à 152°, n'est qu'un mélange analogue à ceux que j'ai examinés; mais n'ayant pas pu m'en assurer directement, j'ai cru nécessaire de refaire une série d'essais minutieux pour voir si l'on pourrait, en suivant les indications de Fecht, isoler le composé $CH^3 - C(OH) = (Dm)^2$, dont la formation est extrêmement probable au cours de la réaction étudiée. Ces indications (*loc. cit.*, p. 3902) ne sont pas très détaillées, mais la prescription la plus importante est d'introduire dans la solution éthérée du magnésien la cétone de Michler préalablement dissoute dans le benzène, ce qui d'ailleurs est beaucoup plus commode que d'introduire cette cétone sous forme de poudre. La réaction terminée et après action ménagée de l'eau acidulée, les produits obtenus se trouvent répartis : pour une faible portion dans la liqueur acide, pour la portion principale dans une liqueur éthéro-benzénique. Celle-ci, évaporée très doucement, donne des dépôts successifs cristallisés et finalement une masse pâteuse incristallisable que l'on met en solution acétique aqueuse à froid et qui va rejoindre la liqueur acide déjà obtenue; par dilution ou par neutralisation incomplète et ménagée (ce Recueil, t. 154, 1912, p. 1622), on sépare de la cétone de Michler inutilisée et l'on a une solusion du carbure n° III. Les divers dépôts cristallins obtenus ci-dessus, repris par l'alcool ou le benzène, donnent finalement des cristaux qui tous s'identifient avec ce carbure éthylénique n° III; dans aucun cas je n'ai pu isoler de carbinol fondant à 152°; il est vrai qu'à aucun moment, il n'a été mis à cristalliser des mélanges du carbure III et de cétone de Michler.

La réaction conduit pourtant à des observations assez curieuses. Si, en effet, on réunit les différents liquides qui ont cessé de déposer des cristaux du carbure III et si l'on élimine les solvants à température ordinaire, il reste une huile noire, épaisse, où l'on pouvait espérer trouver le carbinol cherché. Il n'en est rien; cette huile, mise en contact avec de l'alcool bouillant, se résout en un corps solide blanc cristallin à peu près insoluble dans l'alcool, tandis que ce dissolvant se charge de nouvelles quantités de carbure éthylénique. La portion insoluble dans l'alcool se dissout dans le benzène avec une très grande facilité, et si l'on ajoute progressivement de l'alcool, on sépare par précipitations fractionnées, plusieurs fois répétées, trois composés solides, cristallisés, distincts les uns des autres, distincts du

carbure III et dont aucun n'est le carbinol cherché, puisqu'aucun d'eux ne contient d'oxygène. Ces trois composés sont les suivants :

1° Corps formé de très belles aiguilles très légèrement jaunâtres ou à peine colorées, atteignant parfois 1cm de longueur, fondant à 157°-158° et dont l'analyse a donné : C pour 100 : 81,11, H pour 100 : 8,28 et N pour 100 : 10,57, ce qui correspond à la formule $C^{18}H^{22}N^2$, c'est-à-dire à celle du composé $CH^2 = C(Dm)^2$, mais la cryoscopie donne un poids moléculaire double; c'est donc un dimère de la première des leucobases du diphényléthylène;

2° Corps formé de paillettes jaunâtres fondant à 227°, dont l'analyse a donné : C pour 100 : 82,62, H pour 100 : 7,96, N pour 100 : 9,35 et 9,42 et qui est très nettement basique, comme d'ailleurs le suivant;

3° Cristaux jaunes fondant à 274° et dont l'analyse a donné : C pour 100 : 81,76, H pour 100 : 8,15 et N pour 100 : 10,05.

Je me propose de continuer l'étude de ces trois composés, qui ne se forment d'ailleurs qu'en très faibles quantités; avec 67g de cétone de Michler, dont on récupère 17g non utilisés, on obtient 35g de carbure III et un total de 10g des trois autres produits, dont 6g pour le premier d'entre eux.

Avec l'iodure d'éthyle je n'ai pas trouvé non plus le carbinol, pas plus d'ailleurs que les produits qui correspondraient aux trois corps que je viens de signaler; l'opération conduit uniquement au carbure n° IV

$$CH^3 - CH = C(Dm)^2$$

avec un excellent rendement de 90 pour 100, puisque 67g de cétone (dont on retrouve 17g) donnent 48g à 50g de carbure IV.

Donc si les carbinols (formule I) se forment transitoirement au cours de deux réactions étudiées, le procédé de Fecht ne permet pas de les isoler et les indications publiées sur le composé $CH^3 - C(OH)(Dm)^2$ se rapportent sans doute à des mélanges; la coloration bleue passagère, attribuée par Fecht à ce carbinol, se produit tout aussi bien avec les carbures éthyléniques III et IV quand ils sont rigoureusement purs.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence d'un composé cyanique dans une Papavéracée* (Papaver nudicaule *L.*). Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Le *Papaver nudicaule* L. est un gracieux Pavot qui croît dans les régions boréales arctiques, en Sibérie, à l'Himalaya et qui comprend trois races principales (*P. radicatum* Rottböll, *P. xanthopetalum* Fedde, *P. rubro-aurantiacum* Fedde). Introduit il y a quelques années dans certains jardins alpins de Suisse, à la *Linnœa* à Bourg Saint-Pierre, à la *Rambertia* aux Rochers de Naye, le *P. nudicaule* s'est hybridé avec le *P. alpinum* L. et a donné un grand nombre de variétés dont les teintes fondamentales des fleurs sont le jaune, le rouge orangé et le blanc. Les feuilles de ces hybrides sont beaucoup plus grandes que celles du *P. alpinum* et du *P. nudicaule* typiques et sont remarquables par l'extrême variation de leurs découpures. Je cultive ce *Papaver* hybride au jardin alpin du Lautaret (2075^{m}), dépendance de l'Université de Grenoble. J'ai laissé ces pavots aux teintes variées se multiplier librement par graines dans tout le jardin dont ils constituent l'un des plus gracieux ornements.

J'ai constaté la présence, dans cette plante, d'une substance qui, sous l'influence d'une enzyme agissant à la façon de l'émulsine et contenue aussi dans la plante, se décompose en donnant, entre autres produits, de l'acide cyanhydrique.

Les feuilles de la plante rapidement hachées et contusées, mises en macération dans un peu d'eau, puis distillées à la vapeur, donnent un distillat qui accuse toutes les réactions caractéristiques de l'acide cyanhydrique et dans lequel on peut doser cet acide. J'ai effectué un certain nombre de dosages par la méthode de Liebig et par celle de Fordos et Gélis, dans le courant des mois d'août et de septembre. Le distillat contient la même quantité d'acide, que la macération ait été faite avec ou sans adjonction d'émulsine ou de lait d'amandes, ce qui prouve que la plante contient suffisamment d'enzyme pour hydrolyser le composé cyanique.

Voici les résultats de 14 dosages effectués, du 20 au 24 août, sur autant de *Papaver nudicaule* cultivés au Lautaret, exprimés en gramme et pour 100 parties de feuilles fraîches :

Plantes à fleurs.

						Moyenne.
Jaunes....	0,0108	0,0054	0,0045	0,0037	0,0012	0,0051
Rouges...	0,0052	0,0039	0,0036	0,0015	0,0014	0,0031
Blanches..	0,007	0,0034	0,0016	0,0014		0,0033

On voit que la teneur en acide cyanhydrique de ces 14 plants, croissant sur un sol de même nature, dans un espace très limité, est variable. Les termes extrêmes sont 1^{cg} et 7^{mg}.

Le 11 septembre, trois plants de fleurs de couleurs différentes, croissant à proximité les uns des autres, ont donné : plant à fleurs jaunes, 0,0027; plant à fleurs rouges, 0,0016; plant à fleurs blanches, 0,0016.

Les chiffres ci-dessus montrent que ce sont les plants à fleurs jaunes qui contiennent le plus d'acide cyanhydrique; la quantité d'acide est à peu près la même pour les plants à fleurs rouges et les plants à fleurs blanches.

J'ai cultivé à Grenoble du *P. nudicaule* au moyen de graines récoltées au Lautaret et dans d'autres régions. Le 22 août, deux plants à fleurs jaunes, issus de graines du Lautaret, contenaient $0^{g},0099$ et $0^{g},009$; un plant à fleurs rouges contenait $0^{g},0074$. Un plant à fleurs blanches, issu de graines récoltées à Leide (Jardin botanique), contenait $0^{g},0032$. Ce sont encore les plants à fleurs jaunes qui contiennent le plus d'acide cyanhydrique.

Il semble que plus la plante se rapproche du type *nudicaule* pur, plus elle contient d'acide cyanhydrique. C'est ainsi qu'un plant à fleurs rouges, récolté au Jardin alpin suisse de la *Thomasia* (Pont de Nant), plant plus rapproché du type pur que ceux du Lautaret, contenait $0^{g},0152$ d'acide. J'ai cultivé à Grenoble du *P. nudicaule* provenant de graines récoltées au Jardin botanique d'Albano (Suède). Ces pavots se rapprochaient davantage du type pur que ceux du Lautaret. Ils étaient aussi plus riches en acide. Un pied jaune, notamment, contenait, le 22 août, $0^{g},0105$.

J'ai dit plus haut que ces pavots, que l'on continue de désigner sous le nom de *P. nudicaule*, sont des hybrides du *nudicaule* et de l'*alpinum*. J'ai analysé plusieurs échantillons de *P. alpinum* provenant des Jardins alpins du Lautaret et de Pont de Nant : ces plantes n'ont pu donner la moindre trace de bleu de Prusse. Ceci nous permet de penser que le composé cyanique est contenu dans le *P. nudicaule* et non dans le *P. alpinum*. Je n'ai pu analyser, faute de matériaux, le *P. nudicaule* pur; des graines de *P. radicatum* (une des races du *nudicaule*), qui m'ont été envoyées du Groënland, ne m'ont pas donné, cette année, la récolte que j'espérais.

Les caractères morphologiques d'un individu ne sont que la traduction sensible à nos yeux des caractères chimiques de son plasma vivant; si les caractères intimes de la substance vivante nous échappent, les produits élaborés par elle constituent déjà des caractères profonds de cette substance. On conçoit donc tout l'intérêt que présente, au point de vue de la connaissance générale de l'hybridation et de l'hérédité, l'étude des produits élaborés

par le protoplasme et que l'analyse peut saisir. C'est le cas de l'acide cyanhydrique dans les formes nombreuses provenant des croisements du *P. nudicaule* et du *P. alpinum*. L'extrême variation que l'on constate dans les caractères morphologiques de ces formes est corrélative d'une grande variation dans la teneur en acide cyanhydrique, teneur dont l'étude raisonnée serait, semble-t-il, pleine d'intérêt.

Notons en terminant qu'on ne connaissait encore aucune Papavéracée à acide cyanhydrique. Le *Papaver nudicaule* constitue donc le premier cas connu d'une nouvelle famille de plantes contenant cette substance.

PHYSIOLOGIE. — *De l'élimination des matières colorantes artificielles par la mamelle*. Note de MM. **P. Sisley** et **Ch. Porcher**, présentée par M. E. Roux.

Le lait est le produit de sécrétion d'une glande qui, admirablement différenciée au point de vue de la chimie physiologique, fonctionne dans des conditions d'équilibre que met nettement en valeur l'existence de nombreuses constantes révélées tant par l'analyse physico-chimique que par l'analyse chimique.

Cette glande construit, aux dépens des principes que lui amène le sang (principes neutres, peut-on dire, puisque ce sont les mêmes qui vont aux tissus les plus différents), les édifices moléculaires si caractéristiques du lait : caséine pour les matières protéiques, lactose pour les matières hydrocarbonées, glycérides à acide volatiles solubles pour les matières grasses, citrates pour les matières salines.

L'épithélium mammaire fait donc un choix entre les substances que lui amène le sang. Nous en conclurons, tout de suite, qu'il doit opposer de la résistance à se laisser traverser par le premier composé venu, ce qui nous incite à admettre que son rôle comme émonctoire ne doit pas être aussi important qu'on pourrait le croire sans examen plus approfondi.

Dans le but de justifier une telle hypothèse, nous avons pensé qu'il serait fort intéressant de voir comment se comporterait la mamelle vis-à-vis de certaines matières colorantes artificielles, non toxiques, au pouvoir colorant considérable.

Nos expériences, qui ont été effectuées sur la chèvre et la chienne, ont utilisé l'uranine, la rhodamine, le bleu de méthylène, le ponceau cristallisé et le diméthylamino-azobenzène.

Expériences avec l'uranine. — I. Une chèvre, en pleine lactation, possède un chevreau âgé de 8 jours; elle reçoit par la *sonde gastrique* $0^g,50$ d'uranine à 9^h du matin. Le chevreau, auquel on fait têter au biberon le lait de sa mère, est séparé de celle-ci et placé dans une cage différente.

Ni le lait examiné à intervalles réguliers à partir du moment de l'ingestion de la matière colorante, ni l'urine du chevreau ne contiennent la moindre trace de matière colorante.

II. Mêmes résultats avec une *ingestion* de 2^g d'uranine.

III. Une chèvre reçoit 1^g d'uranine en *injection dans la jugulaire;* les résultats obtenus sont identiques à ceux des expériences I et II.

Dans ces expériences, le rein et la muqueuse intestinale ont été les seules voies d'élimination de l'uranine; la mamelle n'a rien laissé passer. Quand on connaît la puissance colorante de l'uranine, un tel résultat est peut-être fait pour surprendre : la moindre trace de matière colorante, qui eût franchi la barrière des acini glandulaires, aurait suffi à signaler objectivement sa présence dans le lait. Or, il n'en a rien été. La conclusion à tirer de ces deux expériences, dont l'une, celle (III) dans laquelle l'uranine (1^g) fut injectée dans la jugulaire, particulièrement sévère et significative; est que la mamelle peut s'opposer absolument au passage de certaines substances.

Expérience avec la rhodamine B. — IV. Une chèvre, ayant deux petits, reçoit, par la sonde gastrique, 2^g de rhodamine B, à 9^h du matin.

Le premier lait, recueilli à 10^h, est coloré en rose, celui de 12^h l'est davantage; mais, à partir de ce moment et rapidement, la coloration va en diminuant.

Les chevreaux, qui ont bu, au biberon, le lait de leur mère, émettent des urines légèrement teintées en rose.

La proportion de rhodamine trouvée dans le lait, eu égard au poids de matière colorante administrée, est extrêmement faible; mais si petite qu'elle soit, on la retrouve cependant presque tout entière dans l'urine des chevreaux et ainsi nous saisissons, objectivement et chimiquement, le passage d'une substance étrangère ingérée par la mère, dans l'urine de l'enfant, le lait de celle-là servant d'intermédiaire.

Expériences avec le bleu de méthylène. — V. Une chèvre, ayant un chevreau, reçoit *un gramme* de bleu de méthylène pur (chlorhydrate) par la *sonde gastrique.*

Ni le lait, ni l'urine du chevreau qui a bu celui-ci ne contiennent de bleu de méthylène ou de leuco-dérivé.

VI. A une autre chèvre, on *injecte dans la veine trois grammes* de bleu de méthylène, à 14^h. On recueille à 15^h, à 16^h et à 19^h, en tout 230^{cm^3} de lait légèrement teinté de bleu qu'on fait boire au chevreau; dans ce lait, il y a $0^g,01$ de bleu, le $\frac{1}{300}$ de la quantité administrée à la mère.

Dans l'urine du chevreau, on décèle des traces de colorant à l'état de leucodérivé.

Il a fallu une imprégnation très massive de l'organisme par le bleu de méthylène, pour forcer le passage au niveau de la mamelle et laisser transsuder par l'épithélium des acini de celle-ci une très faible quantité de la couleur : ce que nous n'avions pu obtenir auparavant avec l'ingestion de 1^g de la même couleur.

Expérience avec le ponceau cristallisé. — VII. A une chèvre, on donne 3g de ponceau cristallisé par la *sonde stomacale*, on recueille les urines et l'on trait le lait des 24 heures qui suivent.

Le lait ne contient ni ponceau, ni produits en dérivant.

Expériences avec le diméthylamino-azobenzène. — VIII. Une chienne, ayant un petit, reçoit *dans sa soupe* 1g de diméthylamino-azobenzène. Quelques gouttes de lait recueillies, une heure après, prennent une belle coloration rose vif après addition d'une ou deux gouttes d'acide chlorhydrique; elles contiennent donc de la matière colorante.

IX. Une chèvre reçoit 1g de dyméthylamino-azobenzène, dissous dans de l'huile, par la *sonde gastrique* à 9 heures. Le lait recueilli à divers moments de la journée ne rosit pas sous l'action de quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Le lendemain, on administre encore 1g. Le premier lait, recueilli 3 heures après, prend une faible teinte rose après addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique; mais celui qu'on trait ensuite ne se colore plus dans les mêmes conditions.

Le troisième et le quatrième jour, on observe les mêmes faits après l'administration de 1g de matière colorante.

L'élimination par la mamelle est donc fugace et, pour l'observer, il faut répéter les doses. En effet, on ne la constate pas le premier jour où la chèvre ingéra 1g de la matière colorante en question; elle n'est décevable, après ingestion de la même dose, que le deuxième jour.

X. Chez une autre chèvre, comme chez la précédente, une seule ingestion de 1g resta également sans effet vis-à-vis du lait.

Pour obtenir le passage de la matière colorante dans le lait après une seule administration, il faut augmenter les doses.

La matière colorante s'est éliminée ici principalement par le beurre du lait, ce qui tient vraisemblablement à sa nature basique, alors que les substances antérieurement étudiées ont pris la voie du sérum.

Des faits que nous venons d'exposer découlent des conclusions qui viennent corroborer et renforcer celles qu'on avait pu tirer d'expériences antérieures analogues effectuées en partant des composés minéraux ou organiques les plus divers [1].

Quand des matières tinctoriales très diffusibles, d'un pouvoir colorant considérable, administrées à des doses telles qu'on pourrait colorer avec celles-ci des centaines de mètres cubes d'eau, sont arrêtées par l'épithélium mammaire ou ne passent au travers de celui-ci qu'à l'état de traces, il faut bien reconnaître à cet épithélium la propriété de sélectionner, peut-on dire, les molécules qui lui sont apportées par le courant sanguin. Cette sélection

---

[1] *Voir* le travail d'un élève de l'un de nous, H. Déchavanne, *Du passage des substances médicamenteuses et toxiques dans le lait* (Thèse de Lyon, 1909).

n'est pas parfaite, c'est un fait que certaines des expériences ci-dessus ne mettent pas en doute, mais elle ne s'en exerce pas moins à un tel degré qu'on doit considérer l'épithélium sain des acini mammaires comme un filtre qui, lorsqu'il n'est pas tout à fait électif, oppose, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, une véritable résistance au passage de certaines molécules qui tendent à franchir la barrière épithéliale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique d'un sucre du groupe des hexobioses, le gentiobiose.* Note de MM. **Em. Bourquelot**, **H. Hérissey** et **J. Coirre**, transmise par M. Jungfleisch.

Le gentiobiose est un hexobiose de même formule brute que le sucre de canne, $C^{12}H^{22}O^{11}$; il donne, par dédoublement, deux molécules d'un même sucre, le glucose *d*. Il a été obtenu pour la première fois par Em. Bourquelot et Hérissey (1901), au cours de l'hydrolyse incomplète du gentianose, hexotriose contenu dans la racine fraîche de gentiane : le gentianose, traité par l'invertine ou par l'acide sulfurique très dilué (2 pour 1000) bouillant, se scinde en effet en lévulose d'une part, et en gentiobiose d'autre part. Ce dernier sucre est, à son tour, hydrolysé, si on le traite par l'acide sulfurique à 3 pour 100 bouillant ou par l'émulsine des amandes qui contient une *gentiobiase* (1).

Étant données les propriétés du gentiobiose, il nous a paru que l'étude de sa synthèse biochimique, fondée sur la réversibilité des actions fermentaires, pourrait être abordée avec profit, en utilisant précisément, comme moyen de synthèse, l'émulsine agissant sur le glucose *d* dans des conditions appropriées. A vrai dire, la synthèse biochimique d'hexobioses ou de polyoses divers, au moyen des ferments solubles, a déjà été tentée par plusieurs auteurs (Croft-Hill, Emmerling, Em. Fischer, E.-F. Armstrong, etc.); ces diverses recherches n'ont pas réussi, en ce sens que les produits obtenus, d'ailleurs insuffisamment caractérisés, se sont montrés différents de ceux dont on prévoyait la synthèse.

Dans cet ordre de recherches, la question de la plus ou moins grande facilité d'extraction du sucre éventuellement produit a une importance

(1) La plus grande partie des recherches effectuées par Em. Bourquelot et H. Hérissey sur ce sujet se trouve rassemblée dans le Mémoire suivant : *Recherches sur le gentianose* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXVII, 1902).

pratique capitale; pour ce qui est du gentiobiose, comme ce sucre est infermentescible par la levure de bière haute, on conçoit que, même formé en présence d'un grand excès de glucose, il puisse être facilement débarrassé de celui-ci par cette levure elle-même.

En fait, nous sommes parvenus à préparer le gentiobiose par voie de synthèse biochimique, et à l'isoler à l'état complètement pur. Nous avons fait sur ce sujet un très grand nombre d'expériences dont les résultats n'ont jamais été discordants, de telle sorte que nous pouvons dire qu'à l'heure actuelle les conditions expérimentales sont fixées d'une façon suffisamment précise, pour pouvoir permettre de toujours reproduire, à coup sûr, la synthèse biochimique du gentiobiose, que nous allons rapidement décrire.

Si l'on fait agir, à la température du laboratoire, de l'émulsine des amandes ($0^g,25$ à $0^g,50$ pour 100^{cm^3}) sur les solutions aqueuses concentrées de glucose *d* (40^g à 50^g pour 100^{cm^3}), additionnées soit de thymol, soit de phénol, soit de toluène, on constate qu'il se fait graduellement un abaissement notable de la rotation droite primitive de ces solutions. Celles-ci, après avoir ainsi subi l'action de l'émulsine, sont chauffées pour détruire ce ferment, puis diluées et traitées par la levure de bière haute. Lorsque la fermentation est arrêtée, on constate que la liqueur est restée réductrice et a conservé un léger pouvoir rotatoire droit. Par chauffage avec l'acétate de phénylhydrazine, on observe la formation d'une osazone soluble à chaud, se précipitant par refroidissement. Sous l'influence de l'acide sulfurique dilué bouillant, on voit s'accroître la rotation droite de la liqueur, en même temps que le pouvoir réducteur; il en est de même par action de l'émulsine.

Ces résultats indiquent nettement qu'il s'est produit, par synthèse biochimique sous l'influence de l'émulsine des amandes, un ou plusieurs polyoses réducteurs infermentescibles par la levure haute, hydrolysables par les acides minéraux étendus et bouillants et par l'émulsine des amandes. Le gentiobiose et le cellose rentrent dans cette catégorie de polyoses; l'indice de réduction enzymolytique trouvé est intermédiaire entre ceux de ces deux sucres, mais se rapproche beaucoup plus de celui du gentiobiose que de celui du cellose.

Nos efforts, dans le présent travail, ont été dirigés vers l'extraction du gentiobiose; ce n'est qu'après un certain nombre d'essais, nous conduisant à des produits plus ou moins souillés de matières minérales, que nous sommes parvenus à obtenir à l'état pur ce sucre, dont la formation apparaissait à peu près certaine d'après les résultats précédents :

1000^{cm^3} d'une solution contenant 50^g de glucose pour 100^{cm^3} ($\alpha = +50°30'$, $l = 2$) ont été additionnés de 5^g d'émulsine et de 5^g de toluène, puis conservés à 15°-20°, pendant 1 mois, en agitant deux à trois fois par jour. La rotation était tombée à $+44°12'$.

La solution a été alors chauffée, filtrée, diluée et soumise à la fermentation par la levure de bière haute. La liqueur fermentée, neutralisée par le carbonate de calcium, a été complètement évaporée sous pression réduite. L'extrait résiduel a été traité à l'ébullition à reflux, à trois reprises par l'alcool à 95° et à trois reprises par l'alcool à 90° (150^{cm^3} de dissolvant chaque fois). Les liqueurs de chaque traitement, filtrées après refroidissement, étaient amorcées avec du gentiobiose. Après environ 3 semaines, les liqueurs ont été décantées, séparées par filtration des produits cristallisés riches en cendres qui s'y étaient formés, puis réamorcées avec du gentiobiose. Après 6 semaines, on a recueilli les nouveaux cristaux formés (8^g environ), qu'on a purifiés par recristallisation dans l'alcool à 90°.

Le produit obtenu, après essorage et dessiccation à l'air, de saveur amère, présentait toutes les propriétés du gentiobiose :

Point de fusion. — Sur le bloc, le produit fond entre 191° et 194°, exactement comme du gentiobiose provenant d'hydrolyse du gentianose.

Pouvoir réducteur. — 1^g de produit réduit comme $0^g,604$ de glucose.

Pouvoir rotatoire. — Le corps possède la multirotation; la solution, d'abord lévogyre, devient droite, puis se fixe après quelques heures.

$$\alpha_D = +10°,37 \ (t = 16°) \qquad (v = 15^{cm^3},\ l = 2,\ p = 0^g,6022;\ \alpha = +50' = +0°,833).$$

Hydrolyse par l'acide sulfurique à 3 pour 100. — 10^{cm^3} d'une solution contenant $0^g,2007$ de produit, hydrolysé dans ces conditions, à 110°, pendant 3 heures, donnaient : $\alpha = +2°12'$ ($l = 2$) (théorie pour l'hydrolyse complète donnant deux molécules de glucose : $+2°13'$).

En outre, le dosage accusait la présence de $0^g,213$ de sucre réducteur exprimé en glucose (théorie : $0^g,211$). L'extrait provenant de la liqueur hydrolysée, après neutralisation, cristallisait en masse sur amorce de glucose.

Hydrolyse par l'émulsine. — Une solution contenant également $0^g,2007$ de produit pour 10^{cm^3}, traitée par l'émulsine, accusait après 6 jours une rotation de $+2°6'$.

La synthèse du gentiobiose constitue le premier exemple de l'obtention par voie biochimique d'un polyose pur et nettement défini; elle permet d'entrevoir la possibilité de nombreuses autres synthèses du même ordre dans le groupe des polysaccharides.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la phylogénie de la couronne des molaires de mastodondes et d'éléphants.* Note [1] de M. **Sabba Stefanescu.**

G. Cuvier [2] a observé que la couronne des molaires du grand mastodonte est divisée, par des vallées transverses, en un certain nombre de collines parallèles et que « chaque colline est divisée elle-même, par une échancrure, en deux grosses pointes ».

Cuvier a observé, en outre, que les cônes de la couronne des molaires du mastodonte à dents étroites sont « accompagnés d'autres cônes plus petits sur leurs côtés ou dans leurs intervalles ».

Ces deux sortes de caractères ont été réunis, par des paléontologistes tels que Zittel [3], dans la diagnose du genre *Mastodon* : « Une entaille médiane partage chaque colline transversale, et par suite toute la couronne dentaire, suivant la longueur, en deux moitiés et des tubercules intermédiaires se développent dans le fond des vallées transversales. »

A la suite de mes recherches, je puis affirmer que de pareils caractères existent aussi dans la couronne des molaires du genre *Elephas*.

I. Il est vrai que l'entaille médiane longitudinale, qui divise la face de trituration des molaires de *Mastodon*, manque chez la plupart des espèces de *Stegodon* et chez toutes les espèces d'*Elephas*, mais chez ce dernier genre *une entaille médiane longitudinale divise chaque crête transversale, et par suite toute la face radicale de la couronne, suivant la longueur, en deux moitiés.*

II. Les espaces remplis de dentine qui séparent les crêtes de la face radicale sont les bases des lames de la couronne.

Le plan de l'entaille médiane longitudinale de la face radicale divise chacun de ces espaces en deux moitiés homologues aux deux tubercules qui composent chaque colline de la couronne des molaires du grand mastodonte.

Il s'ensuit que la couronne des molaires de *Mastodon* et d'*Elephas* est construite d'après le même plan : *deux rangées longitudinales de tubercules, séparées par une entaille médiane, située dans le plan de symétrie longitu-*

---

(1) Présentée dans la séance du 13 octobre 1913.

(2) *Recherches sur les ossements fossiles*, 1821.

(3) *Traité de Paléontologie*, 1894.

dinale, chez le *Mastodon* sur la face de trituration et chez l'*Elephas* sur la face radicale de la couronne.

III. Les murs qui divisent les fonds des vallées de la couronne des molaires d'*Elephas* sont homologues aux tubercules intermédiaires qui se développent dans les vallées des couronnes des molaires du mastodonte à dents étroites.

Les digitations adventives, les pustules, les plis et en général toutes les irrégularités plus ou moins proéminentes, produites par la surface des lames et les fonds de vallées de la couronne des molaires d'*Elephas*, sont homologues aux petits cônes qui accompagnent les collines des molaires du même mastodonte.

M. **A. Guépin** adresse une Note intitulée : *Prophylaxie des calculs uriques de la vessie.*

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 13 octobre 1913.)

Note de M. *Dima*, Sur l'essai photo-électrique des composés métalliques :

Page 590, dans le titre, *au lieu de* B.-A. Dima, *lire* G.-A. Dima.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 NOVEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Gaston Darboux**, en présentant la seconde édition du premier Volume de ses *Leçons sur la théorie générale des surfaces et sur les applications géométriques du Calcul infinitésimal*, s'exprime en ces termes :

Le premier Volume de mes *Leçons sur la théorie générale des surfaces et sur les applications géométriques du Calcul infinitésimal* était, depuis quelque temps, épuisé. Mon excellent éditeur, M. Gauthier-Villars, a bien voulu me demander d'en publier une nouvelle édition. C'est cette nouvelle édition, augmentée de divers Chapitres relatifs au déplacement, au conoïde de Plücker, aux surfaces de translation, etc., que je présente aujourd'hui à l'Académie. L'accueil si bienveillant qui avait été fait à la première édition m'imposait le devoir d'apporter tous mes soins à la seconde. Dans cette tâche, que je me suis efforcé de remplir, j'ai été beaucoup aidé par deux collaborateurs : M. Ernest Lebon, professeur honoraire, et M. Claude Guichard, mon collègue de la Sorbonne, dont on connaît les beaux travaux sur la Géométrie infinitésimale. A eux, ainsi qu'à M. Gauthier-Villars, on me permettra d'adresser ici mes bien vifs remercîments.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation des β- et γ-méthylcyclohexanones par l'intermédiaire de l'amidure de sodium.* Note de M. **A. Haller**.

La β-méthylcyclohexanone (active et inactive) peut non seulement être méthylée et allylée, dans les conditions ordinaires où nous opérons les alcoylations, mais elle se laisse également éthyler. Toutefois dans cette

opération, la molécule subit une réaction de condensation sur elle-même plus prononcée que lorsqu'on prépare les dérivés méthylés ou allylés.

Éthylation de la β-métylcyclohexanone inactive. — Elle se réalise dans une solution de la cétone au sein de l'éther, qu'on traite d'abord par la quantité théorique d'amidure de sodium, puis par l'iodure d'éthyle. Quand la double décomposition est effectuée, on lave à l'eau et l'on fractionne le produit. On obtient un mélange de β-méthylcyclohexanone inaltérée, de monoéthyl- et de diéthyl-β-méthylcyclohexanones avec 22 pour 100 environ de produit de condensation. Après avoir séparé ce dernier, on redissout le mélange des cétones subtituées dans l'éther et l'on recommence l'opération avec une nouvelle quantité d'amidure et d'iodure d'éthyle. Dans cette seconde éthylation on obtient un mélange de monoéthyl- et de diéthyl-β-méthylcyclohexanones, où cette dernière domine, avec environ 7 pour 100 seulement de produit de condensation. Les deux dérivés substitués sont ensuite séparés par une série de fractionnements (¹).

1-*éthyl*-4-*méthylcyclohexanone*-6 ou β-*méthyl*-α'-*diéthylcyclohexanone inactive*

C^2H^5
>CO.
CH^3

Nous l'avons déjà préparée lors de nos premières recherches sur l'alcoylation de la β-méthylcyclohexanone active (²). D'autre part, M. Wallach l'a obtenue en partant du nitrosochlorure du Δ^3-méthyl-1-éthyl-4-cyclohexène (³). Liquide à odeur de menthone bouillant à 194°-196° sous 760^{mm} (W. 197°); $d_4^{17}=0,9037$ (W. $d^{20}=0,9000$); $n_D^{17}=1,4515$ (W. $n_D^{20}=1,4485$).

2-*méthyl*-1.5-*diéthylcyclohexanone*-6 ou β-*méthyl*-αα'-*diéthylcyclohexanone*

C^2H^5
>CO.
CH^3 C^2H^5

Ce dérivé possède une odeur de menthone encore plus prononcée. Il bout à 216°-219° sous 760^{mm}; $d_4^{17}=0,9061$; $n_D^{17}=1,4577$.

(¹) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1203.
(²) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 140, p. 128.
(³) Wallach, *Ann. der Chemie*, t. CCCXCVII, p. 204.

2-*méthyl*-1.1.5-*triéthylcyclohexanone*-6 ou β-*méthyl*-αα α'-*triéthylcyclohexanone*

$$\underset{CH^3\quad C^2H^5}{\overset{(C^2H^5)^2}{\bigcirc}}CO \quad \text{ou} \quad \underset{CH^3\quad (C^2H^5)^2}{\overset{C^2H^5}{\bigcirc}}CO.$$

Ce composé a été obtenu en éthylant une troisième fois le produit de substitution diéthylé.

Liquide à odeur fade bouillant à 242°-244° sous 770^{mm}; $d_4^{23} = 0,9077$; $n_D^{23} = 1,4609$.

2-*méthyl*-1.1.5.5-*tétréthylcyclohexanone*-6 ou β-*méthyl*-αα α'α'-*tétréthylcyclohexanone*

$$\underset{CH^3\quad (C^2H^5)^2}{\overset{(C^2H^5)^2}{\bigcirc}}CO.$$

Obtenue en éthylant encore une fois le dérivé triéthylé (ce qui nécessite qu'on chauffe d'abord la cétone avec l'amidure de sodium au sein de l'éther, puis qu'on fasse bouillir l'iodure d'éthyle avec le dérivé sodé pendant 30 heures), cette cétone pentasubstituée constitue un liquide dont l'odeur rappelle à la fois celle de la menthone et de l'essence de térébenthine. Elle bout à 266°-270° sous 770^{mm}; $d_4^{20} = 0,9358$; $n_D^{20} = 1,4697$.

Dérivés de la γ-méthylcyclohexanone. — De même que ses isomères, cette cétone a été obtenue en oxydant par le mélange chromique le γ-méthylcyclohexanol préparé par hydrogénation du *p*-crésol.

Régénérée de sa combinaison bisulfitique, lavée et rectifiée, cette γ-méthylcyclohexanone possédait les constantes suivantes :

Ébullition 170° sous 760^{mm}; $d_4^{20} = 0,9132$; $n_D^{20} = 1,4458$.

L'alcool correspondant avait d'autre part le point d'ébullition 173°-173°,5 sous 760^{mm}; $d_4^{20} = 0,9170$; $n_D = 1,4573$.

1.3-*diméthylcyclohexanone*-6 ou αγ-*diméthylcyclohexanone*

$$CH^3\overset{CH^3}{\bigcirc}CO.$$

En traitant la γ-méthylcyclohexanone par l'amidure de sodium et l'iodure de méthyle, au sein de l'éther, on obtient cette diméthylcyclohexanone. L'amidure agit très violemment à froid; il en est de même de l'iodure

de méthyle. La condensation de la cétone sur elle-même s'élève à 16 pour 100.

C'est un liquide dont l'odeur, assez semblable à celle de la γ-méthylcyclohexanone, rappelle aussi celle de la thuyone.

Il a déjà été préparé par M. Wallach qui l'a obtenu par une autre voie. Point d'ébullition 177°,5-178° sous 760^{mm} (W. 179°-179°,5); $d_4^{20} = 0,9054$, $d_{20}^{20} = 0,9074$ (W. $d_{21}^{21} = 0,9066$); $n_D^{20} = 1,4458$ (W. $n_D^{21} = 1,4464$).

1.3.5-*triméthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl-αα'-diméthylcyclohexanone*

$$CH^3\langle\quad\rangle CO \text{ (avec } CH^3 \text{ en haut et } CH^3 \text{ en bas)}.$$

Obtenue en partant du dérivé diméthylé, ce composé constitue un liquide bouillant à 184°-185° sous 748^{mm}; $d_4^{20} = 0,8992$, $n_D^{20} = 1,4458$.

1.1.3.5-*tétraméthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl-αα-diméthyl-α'-méthylcyclohexanone*

$$CH^3\langle\quad\rangle CO \text{ (avec } (CH^3)^2 \text{ en haut et } CH^3 \text{ en bas)}.$$

Ce corps se prépare en méthylant le dérivé précédent.

Liquide bouillant à 190°-191° sous 753^{mm}; $d_4^{20} = 0,8903$; $n_D^{20} = 1,4459$.

1.1.3.5.5-*pentaméthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl-αα α'α'-tétraméthylcyclohexanone*

$$CH^3\langle\quad\rangle CO \text{ (avec } (CH^3)^2 \text{ en haut et } (CH^3)^2 \text{ en bas)}.$$

Produit ultime de la méthylation de la γ-méthylcyclohexanone, ce composé constitue un liquide dont l'odeur rappelle un peu celle du camphre.

Il bout à 196°-198°; $d_4^{20} = 0,8828$; $n_D^{20} = 1,4461$.

Si l'on compare les constantes physiques de tous ces dérivés, on constate : 1° que leur point d'ébullition augmente régulièrement de 6° à 7°; 2° que leur densité, au contraire, diminue à peu près régulièrement tandis que leur indice de réfraction reste presque constant.

	Éb.	Diff.	d_4^{20}.	Diff.	n_D^{20}.	Diff.
γ-méthylcyclohexanone.......	170		0,9132		1,4458	
» monométhylée	177,5-178	7-8	0,9054	0,0078	1,4458	0,0000
» diméthylée...	184-185	7	0,8992	0,0062	1,4458	0,0000
» triméthylée...	190-191	6	0,8903	0,0089	1,4459	0,0001
» tétraméthylée.	196-198	6-7	0,8828	0,0075	1,4461	0,0002

1.1.3.5.5-*pentaméthylcyclohexanol*-6

$$CH^3 \langle \text{cycle} \rangle CHOH, \quad \text{avec } (CH^3)^2 \text{ en haut et } (CH^3)^2 \text{ en bas}.$$

Cet alcool, préparé par hydrogénation de la cétone pentaméthylée au moyen de l'alcool absolu et du sodium, se présente sous la forme d'un liquide visqueux, dont l'odeur est assez analogue à celle de l'eugénol.

Il bout à 203° sous 760^{mm}; $d_4^{20} = 0,8929$; $n_D^{20} = 1,4581$.

Dérivés éthylés de la γ-méthylcyclohexanone. — La γ-méthylcyclohexanone, sous l'influence de l'amidure de sodium et de l'iodure d'éthyle, donne également des dérivés éthylés; toutefois, la réaction secondaire de condensation y devient presque aussi importante que celle de substitution.

Comme pour les α- et β-méthylcyclohexanones, l'amidure de sodium réagit très violemment à froid sur la solution éthérée, tandis que l'iodure d'éthyle n'entre en réaction que lorsqu'on fait bouillir le liquide. On obtient un mélange de trois cétones tout comme précédemment et on les sépare par distillation fractionnée.

Presque toute la cétone non condensée est susceptible d'être transformée en dérivé diéthylé après deux éthylations. La condensation est considérable et s'élève à 41 pour 100 pour la première éthylation et à 9 pour 100 pour la deuxième éthylation.

3-*méthyl*-1-*éthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl*-α-*éthylcyclohexanone*

$$CH^3 \langle \text{cycle} \rangle CO, \quad \text{avec } C^2H^5 \text{ en haut}.$$

Liquide à odeur de menthone, bouillant à 196°-198° sous 761^{mm}; $d_4^{20} = 0,8996$; $n_D^{20} = 1,4494$.

3-*méthyl*-1.5-*diéthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl*-α-α'-*diéthylcyclohexa*-

none

$$CH^3\langle\quad\rangle CO. \quad (C^2H^5 \text{ en haut}, C^2H^5 \text{ en bas})$$

Liquide dont l'odeur est identique à celle de la menthone et qui bout à 216°-218° sous 765^{mm}; $d_4^{20} = 0,9023$; $n_D^{20} = 1,4562$.

3-*méthyl*-1.1.5-*triéthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl*-αα α'-*triéthylcyclohexanone*

$$CH^3\langle\quad\rangle CO. \quad (C^2H^5 \text{ en haut}, (C^2H^5)^2 \text{ en bas})$$

Pour obtenir ce dérivé, on traite le composé diéthylé, qui précède, au sein du benzène, d'abord par l'amidure, puis par l'iodure d'éthyle et l'on chauffe jusqu'à ce que la réaction soit complète. On obtient un liquide dont l'odeur rappelle à la fois celle de la menthone et de l'essence de térébenthine.

Point d'ébullition : 237°-240° sous 758^{mm}; $d_4^{20} = 0,9047$; $n_D^{20} = 1,4615$.

3-*méthyl*-1.1.5.5-*tétréthylcyclohexanone*-6 ou γ-*méthyl*-αα α'α-*tétraméthylcyclohexanone*

$$CH^3\langle\quad\rangle CO. \quad ((C^2H^5)^2 \text{ en haut}, (C^2H^5)^2 \text{ en bas})$$

Cette dernière éthylation exige encore, comme milieu, le benzène.

On obtient finalement un liquide visqueux dont l'odeur rappelle celle de l'essence de térébenthine et qui bout à 258°-262° sous 760^{mm}; $d_4^{20} = 0,9301$; $n_D^{20} = 1,4675$.

Conclusions. — De l'ensemble des recherches de substitution effectuées sur les quatre hexanones, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° En opérant dans les mêmes conditions de milieu et avec le même amidure, on constate qu'indépendamment de la substitution cherchée, il se produit une condensation de la cétone sur elle-même et que cette réaction est d'autant plus importante que le groupe méthyle est plus éloigné de la fonction cétonique. Cette condensation atteint son maximum avec la cyclohexanone, cétone non méthylée.

2° Toutes choses égales d'ailleurs, la condensation de chacune des

cétones sur elle-même s'accentue quand on passe de la méthylation à l'éthylation.

	Condensation pour 100.			
	α-méthyl-cyclohexanone.	β-méthyl-cyclohexanone.	γ-méthyl-cyclohexanone.	Cyclohexanone.
Méthylation	2	17	18	28
Éthylation.........	6	29	50	73 (¹)

3° L'alcoylation des cétones s'effectue avec des rendements d'autant plus élevés que le méthyl, préexistant dans la molécule, est plus rapproché du groupement cétonique.

Dans ces recherches, j'ai été secondé avec beaucoup de zèle et d'intelligence par M. Cornubert auquel j'adresse mes meilleurs remercîments.

M. **Charles Moureu** présente à l'Académie, dans les termes suivants, la quatrième édition de ses *Notions fondamentales de Chimie organique* (²) :

Sous le titre *Notions fondamentales de Chimie organique*, j'ai entrepris l'exposé sommaire des principales théories actuelles et l'étude très générale des fonctions les plus importantes.

Toutes les questions de détail ou d'intérêt secondaire ayant été volontairement laissées à l'écart, ce Livre doit être, en quelque sorte, la charpente, la trame même de nos connaissances en Chimie organique.

Ouvrir l'esprit du futur chimiste en l'initiant graduellement au mécanisme des transformations de la matière et en lui présentant les grandes lignes de la Science avec le relief qui leur convient, le préparer ainsi à faire un usage profitable des grands Traités et à comprendre les Mémoires originaux courants, tel a été mon objectif en écrivant ce petit Volume, qu'on peut considérer comme une *Introduction à l'étude de la Chimie organique*.

L'Ouvrage parut en 1902. L'accueil très favorable qui lui fut fait dès le début prouva qu'une grave lacune venait d'être comblée dans l'enseignement d'une science chaque jour plus importante. De copieuses éditions se sont rapidement succédé, chacune apportant son contingent de faits ou doctrines nouvelles. J'ai eu la satisfaction de voir le Livre se répandre non seulement dans nos Universités et grandes Écoles, mais aussi à l'Étranger,

(¹) Résultat presque négatif.
(²) Chez Gauthier-Villars.

plus particulièrement dans les pays de langues latines, où les productions françaises, quoi qu'on en dise, ont généralement encore la préférence.

Dans l'édition actuelle (383 pages in-8°), soigneusement mise au courant des dernières découvertes, une large place est faite aux réactions catalytiques, ainsi qu'aux méthodes de synthèse basées sur l'emploi des composés organo-métalliques. Les principales réactions provoquées par la lumière et les rayons ultraviolets y sont également décrites. Entre autres additions intéressantes, je mentionnerai celles qui ont trait à la Stéréochimie : composés actifs sans atomes asymétriques, inversion de Walden. Les renseignements historiques abondent, et le texte est émaillé d'un grand nombre de noms d'auteurs et de dates, avec de courts exposés à propos des principales questions.

L'Ouvrage se termine par un index alphabétique très complet, qui ne comprend pas moins de douze cents mots.

M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le cinquième et dernier Volume de ma *Minéralogie de France et de ses Colonies*.

Il comprend une partie descriptive, surtout consacrée à l'étude des minéraux de Madagascar, et un index géographique détaillé. Pour la rédaction de ce dernier, véritable dictionnaire raisonné de Géographie minéralogique (400 pages), j'ai été puissamment aidé par un dévoué collaborateur, M. le Colonel Azéma. J'espère que ce travail sera utile à tous ceux qui s'intéressent à la Minéralogie de notre pays.

PARASITOLOGIE. — *Infections expérimentales de Mammifères par des Flagellés du tube digestif de* Ctenocephalus canis *et d'*Anopheles maculipennis. Note de MM. **A. Laveran** et **G. Franchini**.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons montré qu'on pouvait infecter des souris à l'aide de l'*Herpetomonas ctenocephali*, Flagellé qui se rencontre assez fréquemment dans le tube digestif de la puce du chien; nous pouvons donner aujourd'hui les résultats de nouvelles expériences sur cette question,

([1]) *Comptes rendus*, 1er septembre 1913.

ainsi que ceux de recherches connexes sur l'infection de rats et de souris au moyen d'un Flagellé du tube digestif de l'*Anopheles maculipennis*.

I. INFECTIONS DE LA SOURIS, DU RAT ET DU CHIEN AU MOYEN DE *Herpetomonas ctenocephali*.

5 souris inoculées, dans le péritoine ou sous la peau, avec le contenu de puces du chien parasitées, se sont infectées.

9 souris inoculées, dans la veine ou dans le péritoine, avec le sang ou avec le produit du broyage du foie et de la rate de souris chez lesquelles l'existence des parasites avait été constatée, se sont infectées; il s'agissait 5 fois d'un premier passage de souris à souris, 2 fois d'un deuxième passage, 2 fois d'un troisième.

7 souris sont mortes naturellement ou ont été sacrifiées alors qu'elles étaient très malades; il ne paraît donc pas douteux que le parasite soit devenu pathogène pour la souris. Chez les souris inoculées avec le contenu des puces, les bactéries introduites avec les *Herpetomonas* ont pu contribuer à l'infection, mais cette objection n'est pas valable pour les souris inoculées avec le sang des souris de passage qui, ensemencé à plusieurs reprises, n'a pas donné de culture.

La durée de la maladie a varié de 24 à 123 jours; moyenne, 61 jours.

La rate a été trouvée souvent un peu hypertrophiée; la rate d'une souris de 14^{g} pesait 20^{cg}.

C'est dans le foie que les parasites ont presque toujours été trouvés en plus grand nombre; il faut citer ensuite : le sang et la rate et, en dernier lieu, la moelle osseuse. Presque toujours il s'agit des éléments leishmaniformes que nous avons décrits précédemment; les éléments flagellés sont très rares.

En dehors des souris blanches, nous avons inoculé un rat blanc, un chien et deux macaques.

Le rat a été inoculé, dans le péritoine, le 25 août 1913 avec le sang du cœur d'une souris infectée. Le 27 août, l'existence de parasites a été constatée dans l'exsudat péritonéal du rat et, le 26 octobre, des éléments leishmaniformes ont été vus dans le sang périphérique.

Le chien a été inoculé deux fois dans le péritoine avec le produit du broyage de la rate et du foie de souris infectées et une troisième fois, dans la veine, avec le sang d'une souris fortement parasitée. Il a succombé à une complication 50 jours après la première inoculation. Poids du chien : 4^{kg}.

La rate, sensiblement hypertrophiée, pèse 22^{g}. Ganglions axillaires ayant le volume de noisettes, simplement hypertrophiés, non caséeux. Éléments leishmaniformes rares

dans le foie, la rate, les ganglions axillaires, moins rares dans la moelle osseuse; un élément flagellé a été vu dans un frottis de ganglion axillaire.

Il résulte de ces faits que l'infection produite chez la souris par *Herpetomonas ctenocephali* peut être inoculée au rat et au chien.

Les deux *Macacus cynomolgus* inoculés sous la peau n'ont rien montré d'anormal jusqu'ici.

II. Infection du rat et de la souris au moyen de *Crithidia fasciculata*.

Au mois de septembre 1913, nous avons examiné 250 *Anopheles maculipennis* qui avaient été capturés dans la Province de Ferrare (Italie). Ces moustiques étaient parasités dans la proportion de 4 à 5 pour 100 par un Flagellé qui nous paraît devoir être identifié à celui qui a été décrit, chez des *A. maculipennis* du Dauphiné, par L. Léger sous le nom de *Crithidia fasciculata* (1); nous devons faire remarquer cependant que, dans nos préparations, les formes *Herpetomonas* étaient souvent plus nombreuses que les formes *Crithidia*. Presque tous les *Anopheles* parasités provenaient de deux maisons dans lesquelles il y avait des malades atteints de paludisme, sans aucun malade atteint de kala-azar et sans aucun chien.

Avec le contenu de 10 *Anopheles* parasités, nous avons inoculé 2 rats blancs et 3 souris blanches; les 2 rats et 2 des souris se sont infectés; nous résumons leurs observations.

1° Rat inoculé à deux reprises les 15 et 16 septembre 1913, dans le péritoine, avec le contenu d'*Anopheles* infectés. — 19 septembre, parasites rares dans l'exsudat péritonéal du rat. — 25 septembre, éléments leishmaniformes rares dans le sang. — 29 septembre, 3 et 6 octobre, mêmes résultats de l'examen du sang. — 12 octobre, parasites assez nombreux dans le sang. — 14 octobre, hémorragie, suite probable d'avortement. Mort. Le rat pèse 112g. La rate, fortement hypertrophiée, pèse 1g,20. Foie pâle. Parasites leishmaniformes non rares dans le foie et la rate, très rares dans la moelle osseuse.

2° Rat inoculé à deux reprises, les 15 et 16 septembre 1913, comme le rat précédent. — 25 septembre, parasites dans le sang; grandes et petites formes. — 3 octobre, parasites plus nombreux que le 25 septembre. — Mort le 19 octobre. Le rat pèse 112g. La rate, fortement hypertrophiée, pèse 1g,40; sa consistance est augmentée. Foie très pâle. Parasites leishmaniformes non rares dans le foie, rares dans la rate.

Le sang des deux rats ensemencé sur milieu de Novy simplifié n'a donné aucune culture.

3° Souris inoculée daus le péritoine, le 25 septembre 1913, avec le contenu d'*Anopheles* faiblement infectés. — Des examens du sang de la souris faits les 29 sep-

(1) L. Léger, *Soc. de Biologie*, 22 mars 1902.

tembre et 15 octobre sont négatifs. — 26 octobre, éléments leishmaniformes assez nombreux dans le sang.

4° Souris inoculée le 26 septembre 1913 comme la précédente. — 26 octobre, éléments leishmaniformes assez nombreux dans le sang.

Une souris inoculée le 19 octobre, dans le péritoine, avec le sang et le produit du broyage de la rate et du foie du rat qui fait l'objet de l'observation 2° est morte, le 31 octobre, avec des parasites rares dans le foie, plus nombreux dans la rate. La souris pesait 14^{g}; sa rate, hypertrophiée, pesait 26^{cg}.

Il résulte de ces faits que les Flagellés du tube digestif de *Anopheles maculipennis* peuvent, comme les Flagellés de la puce du chien, produire des infections chez la souris et chez le rat. Dans les deux cas, les infections sont caractérisées par la présence dans le sang, dans le foie et dans la rate d'éléments leishmaniformes ayant entre eux la plus grande ressemblance. Chez les animaux infectés avec *Crithidia fasciculata*, nous n'avons pas vu d'éléments flagellés; la présence de ces éléments est d'ailleurs exceptionnelle dans les infections dues à *Herpetomonas ctenocephali*.

GÉOLOGIE. — *L'Excursion* C I *du* XIIe *Congrès géologique international: les terrains précambriens de la région des Lacs; les problèmes tectoniques des grandes chaînes de l'Ouest.* Note de M. **Pierre Termier**.

L'Excursion C I du XIIe Congrès géologique international, partie le 14 août de Toronto et rentrée dans cette ville le 6 septembre, a visité successivement : la rive nord du lac Supérieur, les lacs Steeprock et Bad Vermilion, le lac de la Pluie, les affleurements siluriens des environs de Winnipeg, les Montagnes-Rocheuses entre Bankhead et Golden, la chaîne des Selkirk entre Golden et Revelstoke, les Columbia Ranges entre Revelstoke et le lac Shuswap, le Plateau Intérieur, les gorges de la Fraser au travers des Coast Ranges, les environs de Vancouver et de Victoria; et, au retour, la Prairie entre Calgary et Dauphin, le lac Winnipegosis, le lac des Bois, Port-Arthur, enfin les gîtes de nickel et de cuivre de Sudbury. Le Professeur Fr.-D. Adams avait assumé la charge écrasante de diriger cette caravane de 120 géologues sur un parcours de plus de 8000^{km}. Grâce à la prudence, au dévouement, à la science de cet excellent chef, le programme s'est accompli à souhait. Dans le détail des courses, nous étions guidés par des savants du plus haut mérite, MM. A.-P. Coleman, A.-C. Lawson, R.-A. Daly, J.-B. Tyrrell, J.-A. Allan, A.-E. Barlow,

A.-L. Parsons, A. Mac Lean, W.-L. Uglow, D.-B. Dowling, Ch.-W. Drysdale, Ch. Camsell, Ch.-A. Clapp. Pour raconter tout ce que nous avons vu, il faudrait plusieurs volumes. Je ne veux parler ici que des deux questions qui m'attiraient le plus : la question du Précambrien, et la question, obscure encore, de la structure des grandes chaînes de l'Ouest.

Précambrien de la région des Lacs. — Le Professeur Lawson, qui est assurément l'un des meilleurs connaisseurs de cette partie de la Laurentia, classe ainsi qu'il suit, *de haut en bas*, les terrains précambriens de la région des Lacs : Keweenawien, Animikie, Algoman, groupe de la Seine, groupe du lac Steeprock, Laurentien, Keewatin, Coutchiching. Les deux termes supérieurs, Keweenaw et Animikie, forment l'Algonkien. Les autres termes, *et tous ceux que l'on trouvera plus tard au-dessous d'eux*, forment l'Archéen. C'est entre l'Archéen et l'Algonkien que semble se placer la grande discordance, le principal épisode de la formation de la *chaîne huronienne*. Le mot *huronien*, qui a été appliqué tout à la fois à l'Animikie, au Keewatin et aux terrains intermédiaires, ne peut plus être conservé pour désigner un système d'étages ; mais on peut encore l'employer pour désigner l'ensemble des mouvements orogéniques précambriens. Algoman et Laurentien sont deux venues granitiques, d'âge différent ; et ces mots ne s'appliquent à aucune série sédimentaire. Les groupes Seine et Steeprock sont au contraire des étages de sédiments : Steeprock est discordant sur Keewatin, Seine discordant sur Steeprock. Keewatin est une série schisteuse où abondent les formations volcaniques (roches basiques intrusives, tufs, *agglomerates*) et que les granites recoupent et injectent. Sous Keewatin, il y a une série cristallophyllienne, concordante, *dont on ne connaît que la partie haute*, faite de micaschistes (*Coutchiching*).

Nous avons très bien vu tout cela. L'Algonkien, sur la rive nord du lac Supérieur, est presque horizontal. On sait que, sur la rive sud du même lac, il s'enfonce sous le Cambrien, fournissant ainsi un point de départ très sûr à qui veut remonter dans l'énorme série précambrienne. Seine et Steeprock sont plissés l'un et l'autre, avec des allures nettement différentes ; Steeprock beaucoup plus plissé, redressé et serré que Seine. Il me paraît *certain* que ces deux groupes sont pré-algonkiens ; et il est *presque certain* que Steeprock, plus ancien que Seine, en est séparé par une discordance. Les fossiles trouvés en 1911 par M. Lawson, dans les calcaires de la série Steeprock, sont donc — avec les Crinoïdes découverts à la même date, par M. Cayeux, dans les minerais de fer huroniens — *les plus anciens fossiles*

connus. Nous avons visité leur gisement : ce sont de grands organismes analogues à des Éponges (*Atikokana lawsoni*).

Steeprock et Seine sont discordants sur Keewatin : là encore, il n'y a pas le moindre doute. A la Mine Centre, près du lac Bad Vermilion, la base de la série Seine est formée d'un conglomérat à gros galets de granite, de microgranite, de schistes et de roches vertes du Keewatin : ce conglomérat repose en transgression et en forte discordance sur le Keewatin, qui est, lui-même, traversé et injecté par le granite et le microgranite.

Enfin, au lac de la Pluie, nous avons observé, dans un anticlinal du Keewatin, les micaschistes sous-jacents : l'ensemble, Keewatin et Coutchiching, est recoupé par un granite que M. Lawson rapporte à l'Algoman; cet ensemble paraît concordant.

On ne sait rien autre. Le Keewatin, toujours assez semblable à lui-même, se retrouve à l'Ouest dans le Manitoba, à l'Est dans les régions de Sudbury, de Cobalt et de Porcupine, peut-être même très loin dans la province de Québec. Çà et là, discordants sur lui, on observe des sédiments (séries Sudbury, Temiskaming, etc.), sans doute assimilables à Steeprock et à Seine, et, comme ces derniers, postérieurs à la grande venue granitique. Mais, sur d'immenses espaces, il n'y a que granites et gneiss, ou forêt sans affleurements, ou Glaciaire : et l'on reste alors désarmé. C'est dire combien est courte encore, et lacunaire, et imprécise, notre connaissance du Précambrien dans le Centre et l'Est du Canada.

Problèmes tectoniques des grandes chaînes de l'Ouest. — On a coutume de décomposer, un peu arbitrairement et artificiellement, les grandes chaînes de l'Ouest, ou Cordillères canadiennes, en plusieurs bandes ou zones parallèles, qui diffèrent par la stratigraphie et la physiographie, et entre lesquelles on est tenté de placer des discontinuités. Ce sont, de l'est à l'ouest : les Montagnes-Rocheuses, les Selkirk, les Columbia Ranges, le Plateau Intérieur, les Coast Ranges.

Dans les Rocheuses, on connaît toute une série sédimentaire, presque continue, assez bien datée, sans aucune discordance importante, et dont la plupart des termes sont très épais : Crétacé (avec anthracite et houille), Jurassique, Permien, Carbonifère (presque exclusivement calcaire), Dévonien, Silurien, Cambrien, Précambrien. Le Crétacé a 1300^m de puissance, le Carbonifère 1600^m, le Dévonien 1800^m, l'Ordovicien plus de 2000^m, *le Cambrien plus de* 5000^m. Ce dernier terrain est très fossilifère et renferme l'admirable faune décrite par M. C.-D. Walcott. Le Précambrien est schisteux, non métamorphique. Son substratum est inconnu.

La tectonique s'ordonne ainsi. A l'est, les terrains sont plissés en une série isoclinale couchée sur le Crétacé de la Prairie. Dans cette série, où toutes les assises sont concordantes, les flancs inverses des plis et les charnières ont disparu : on a donc un paquet d'écailles, toutes plongeant vers l'O.-S.-O., paquet où le Carbonifère joue le rôle principal. Dans les environs de Banff il y a au moins cinq écailles distinctes, donc cinq plis. Les failles, dessinées sur les cartes et les coupes, ne sont que les surfaces de base des écailles. J'ai vu l'une de ces surfaces à Bankhead, qui met en contact le calcaire dévonien et les schistes crétacés parfaitement parallèles : le Dévonien, qui surmonte le Crétacé, est, sur 1^m ou 2^m d'épaisseur, transformé en *mylonite*. Tout le système d'écailles *semble plonger sous* le vaste pays tabulaire, formé de Cambrien et de Précambrien presque horizontaux, qui est le pays des hautes montagnes. Dans ce pays tabulaire, que nous avons étudié à Laggan et à Field, les couches cambriennes sont d'une régularité parfaite : largement ondulées, parfois faillées, *elles ne sont pas laminées*. Vers l'ouest de la zone tabulaire, les couches se mettent à plonger à l'O.-S.-O.; le Cambrien s'enfonce ainsi sous une bande de terrain siluriens de plus en plus redressés et plissés. Les plis de cette bande silurienne, dans leur ensemble, sont déversés au S.-O.; mais ils sont souvent verticaux. Au total, les Rocheuses sont un pays tabulaire surélevé, formé des couches les plus anciennes, demeurées presque horizontales; et, de part et d'autre, ce pays tabulaire est flanqué de séries isoclinales plongeant sous lui. L'allure générale des Rocheuses est une allure en éventail.

Dans les Selkirk, séparés des Rocheuses par un grand accident le long duquel coule la Columbia et que personne n'a encore observé, les terrains sont tout autres : ce sont des quartzites et des phyllades *azoïques*, quelques niveaux de marbres, enfin des gneiss. Les quartzites les plus élevés sont assimilés, par M. Daly, aux quartzites du Cambrien inférieur des Rocheuses; le reste des sédiments est assimilé au Beltien (Précambrien) du Montana. Tout cet ensemble a environ 10000^m de puissance et est parfaitement concordant. La base, gréseuse ou conglomératique, est discordante sur les gneiss. Beaucoup d'assises sont très cristallines, même dans les quartzites supérieurs. *Les phénomènes de laminage m'ont paru fréquents*. Dans la partie inférieure du complexe rapporté au Beltien, il y a près de 3000^m d'épaisseur de phyllades (Quarzphyllit) sériciteux, *charbonneux*, parfois calcaires : c'est la *Laurie métargillite* de M. Daly.

La tectonique des Selkirk est simple, en apparence; dans l'est, couches largement ondulées, suivant une direction parallèle à la chaîne; dans

l'ouest, relèvement général des couches, produisant bientôt l'apparition au jour du substratum gneissique. Ce relèvement se fait sous un angle faible (environ 25° en moyenne).

Les Columbia Ranges, entre Revelstoke et Sicamous, ne montrent que terrains métamorphiques et granite. Les terrains métamorphiques sont des gneiss, des micaschistes, *des calcschistes micacés, avec lits de marbre, extraordinairement semblables à nos Schistes lustrés des Alpes*, des phyllades. C'est la série dite du lac Shuswap : toutes les couches y sont concordantes, et, à toute hauteur, il y a des lits granitiques interstratifiés (sills). Au N.-O., elle supporte, sans discordance, une énorme accumulation (3000^{m} d'épaisseur) de laves et de tufs volcaniques, l'*Adams lake formation*, d'âge inconnu.

Tectoniquement parlant, les Columbia Ranges m'ont paru ressembler aux Selkirk, et je ne crois pas à l'existence, entre ces deux zones, d'une discontinuité. La série Shuswap est fréquemment horizontale, ou faiblement inclinée. *Les phénomènes de laminage y sont fréquents*. Dans la région de Barkerville que j'ai visitée autrefois, à 300^{km} ou 400^{km} au N.-O. de Sicamous, les *Schistes du Cariboo,* qui paraissent être le prolongement des terrains Shuswap, sont énergiquement plissés, en plis dirigés N. 60° O. et non déversés.

Le Plateau Intérieur est formé, dans sa partie haute, de sédiments et de coulées volcaniques, demeurés presque horizontaux, d'âge oligocène ou miocène. Cet épais manteau, postérieur au plissement des Cordillères, étant supposé enlevé, il reste un substratum très plissé où l'on connaît du Carbonifère, du Trias et du Jurassique (*Nicola group*), du Crétacé inférieur, enfin de l'Éocène. Ces termes sont tous fort puissants : le groupe Nicola, à lui seul, aurait 4000^{m} d'épaisseur, dont les neuf dixièmes en laves ou tufs. Çà et là, on observe des amas granitiques, assimilés à ceux des Coast Ranges, et attribués, comme âge, au Jurassique. La tectonique est mal connue. Les plis sont serrés, et leur direction générale est N.-O.

Enfin, les *Coast Ranges* sont surtout formées de diorite quartzifère (granodiorite) et de granite, avec de longues bandes plissées de Carbonifère et de Crétacé inférieur. Les roches granitiques sont de deux âges : jurassique et crétacé. L'Éocène et le Crétacé supérieur, peu plissés, n'apparaissent que sur la côte et dans les îles. On connaît, çà et là, du Jurassique fossilifère. Mais toute cette stratigraphie est encore bien imprécise, à cause de l'immensité du pays, de la densité trop grande de la forêt, et aussi de l'abondance des laves et des tufs dans presque tous les étages. La tectonique,

naturellement, est incertaine. Mais j'insiste sur ce fait, trop timidement signalé : *la fréquence et l'intensité des écrasements*. La plus grande partie de la ville de Victoria est bâtie sur des roches granitiques ou dioritiques écrasées. Dans le Howe Sound, près de Vancouver, les hautes falaises sont faites, les unes de diorite quartzifère, les autres de schistes paléozoïques verticaux, d'âge inconnu, coupés de bandes micrograniques : ces bandes sont totalement écrasées, laminées et transformées en phyllades. *Les Coast Ranges sont le lieu des plissements les plus intenses et des écrasements les plus complets, entre toutes les Cordillères canadiennes.* Il ne faudra pas perdre cela de vue.

On sait qu'au N. du 56e parallèle, le long de la côte, d'autres plis apparaissent, très serrés, et déversés vers le Pacifique, ou, ce qui revient au même, s'enfonçant sous les Coast Ranges. C'est la chaîne du Saint-Elie. Son prolongement méridional est caché sous les flots.

Cette division du grand pays plissé de l'Ouest en bandes parallèles rappelle singulièrement les zones des Alpes occidentales, de Charles Lory, ou encore les zones des Alpes orientales avant 1903 : des bandes mal définies, sans limites précises, ou séparées par de grandes dépressions longitudinales *dont la signification géologique est inconnue*. Ed. Suess admet seulement trois bandes : Saint-Elie, Chaîne intermédiaire, Rocheuses. Mais Saint-Elie n'est que le faisceau extérieur, à déversement ouest, des Coast Ranges; et celles-ci ne diffèrent du faisceau plissé du Plateau Intérieur que par l'abondance plus grande des roches granitiques. Pour moi, je préférerais la division suivante : Cordillère occidentale, à plissements et écrasements intenses; Cordillère centrale, comprenant surtout des terrains métamorphiques et de *très vieux* terrains, et d'allure tectonique *en apparence* plus tranquille (c'est la bande des terrains aurifères; elle comprend Shuswap, Columbia Ranges, Selkirk, Cariboo, Finlay, Yukon); enfin Cordillère orientale (Montagnes-Rocheuses) dont j'ai dit l'allure en éventail, et qui comprend l'immense série paléozoïque, sans terrains métamorphiques.

En somme, une zone centrale, faite de *très vieux* terrains et de terrains métamorphiques, où le plissement *paraît* avoir le minimum d'intensité ; et deux zones bordières très plissées (surtout celle de l'ouest), manifestant l'une et l'autre une tendance au déversement à l'extérieur de la chaîne, celle de l'O. vers le Pacifique, celle de l'E. vers la Prairie, et contenant des terrains relativement jeunes : tel est l'ensemble de la grande chaîne, large de 600^{km} à 700^{km}, qui sépare la Prairie du Pacifique.

Cette chaîne s'est faite en plusieurs fois, comme toutes les chaînes; mais il y a eu un épisode principal, probablement vers la fin du Crétacé, ou vers le début de l'Éocène : et cet épisode, dont nous ignorons la durée, a dû agir sur toute la chaîne, sinon simultanément, du moins avec continuité. En quoi a-t-il consisté? Personne, encore, ne pourrait le dire.

Nulle part, dans la région que j'ai visitée, je n'ai eu l'impression du *pays de nappes*, cette impression d'*incohérence organisée* que l'on a presque partout dans les Alpes. Le Cambrien des hautes montagnes, dans les Rocheuses, a vraiment l'air d'être à peu près *en place*. Sans doute, il est chassé vers l'Est, sur la série isoclinale de Banff, mais ce déplacement semble être de faible amplitude; et l'on sait d'ailleurs que l'allure isoclinale de la bande extérieure et son déversement sur la Prairie s'atténuent au nord et disparaissent, pour faire place à une allure de plis très simples.

S'il y a eu de grands charriages, dans l'Ouest canadien, c'est au sein de la Cordillère centrale que l'on découvrira des preuves de leur existence. Je crois volontiers, comme M. Daly, à l'âge *beltien* d'une partie des terrains des Selkirk; mais je suis moins convaincu de l'âge *prébeltien* des terrains métamorphiques du Shuswap et du Cariboo. *A côté d'une région où le granite est monté jusque dans le Jurassique, et même jusque dans le Crétacé inférieur, il y a de fortes vraisemblances pour que les séries cristallophylliennes soient jeunes.* S'il en était ainsi, si les calcschistes micacés de Sicamous, par exemple, étaient paléozoïques ou mésozoïques, comme tout changerait dans l'histoire de la chaîne, et quelles lumières nouvelles sur toute la région côtière du Pacifique! Les écrasements, si manifestes, des Coast Ranges, n'auraient plus rien d'étonnant. Sachons attendre, et faisons confiance aux géologues américains!

M. **Deslandres** présente à l'Académie l'Ouvrage (1) de M. Maurice, intitulé : *L'Expédition franco-suédoise de sondages aériens à Kiruna de* 1907, 1908 et 1909, et ajoute :

Cet Ouvrage, publié par l'Académie royale d'Upsal, expose les résultats des recherches poursuivies en commun à Kiruna (Suède) par deux membres de notre Académie, MM. Hildebrandsson et Teisserenc de Bort, sur la haute atmosphère terrestre et la couche isotherme ou stratosphère. La maladie et la mort de notre regretté confrère Teisserenc de Bort en ont

(1) Présentation faite dans la séance du 27 octobre 1913.

retardé la publication. M. Hildebrandsson, qui restait seul, a fait seulement l'Introduction, qui est substantielle et fixe l'état de la question; puis il a confié la rédaction du texte général à M. Maurice, assistant principal de M. Teisserenc de Bort, qui a pris part aux recherches, voulant ainsi reconnaître les services rendus par M. Maurice à la mission, et la haute estime dans laquelle il le tient.

M. Hildebrandsson rappelle d'abord les premières recherches de Teisserenc de Bort faites à Trappes et dans les régions tropicales, qui ont conduit à la remarquable découverte de la zone isotherme. Cette zone, d'épaisseur encore inconnue, commence sous nos latitudes à une altitude de 8^{km} à 12^{km} et est caractérisée par une température presque constante. Au-dessous, la décroissance de température, à partir du sol, est, comme on sait, continue et très notable.

M. Hildebrandsson ajoute : « La zone isotherme nous fournit indirectement des renseignements précis sur la limite des phénomènes tourbillonnaires de l'atmosphère, cyclones et anticyclones. D'après les assertions mêmes de Teisserenc de Bort, l'atmosphère, à ces grandes hauteurs, paraît formée d'une sorte de feuilleté de couches superposées, qui se révèlent par les petites différences de température de sens varié, visibles sur les courbes, et par les variations dans la vitesse et la direction des mouvements de l'air, que les visées des ballons, faites du sol, permettent de reconnaître ».

La base de la couche isotherme, reconnue d'abord en Europe aux latitudes moyennes, a été recherchée ensuite près de l'équateur où elle a été retrouvée, mais à une altitude plus grande et à une température notablement plus basse. Ces différences ont conduit MM. Hildebrandsson et Teisserenc de Bort à entreprendre la même étude dans les régions polaires. Ils ont choisi la station de Kiruna un peu au nord du cercle polaire, située au milieu de l'isthme qui réunit la presqu'île scandinave à la Russie et au continent. Les frais de l'expédition ont été supportés par une souscription ouverte en Suède et par M. Teisserenc de Bort.

On a lancé 72 ballons-sondes pendant les trois années, et, à ce sujet, M. Hildebrandsson écrit : « C'était certainement une tentative hasardeuse de faire ces lancers de ballons-sondes en Laponie. Kiruna est située presque dans un désert arctique; tout autour, la population est très clairsemée, et il y a de vastes étendues tout à fait inhabitées, couvertes de montagnes sauvages, de marais ou de lacs, visitées seulement à de longs intervalles par quelques tribus de Lapons. Comment allait-on retrouver les instruments enregistreurs dans ce pays. Nous aurions été satisfaits de revoir six ou huit

instruments, mais le résultat a dépassé de beaucoup nos espérances. Plus de la moitié des instruments et des ballons étaient revenus à la fin de 1911 ».

Cette difficulté grave a été écartée grâce à une large publicité faite en quatre langues (suédois, finlandais et deux dialectes lapons) dans la région voisine, grâce à l'intelligence et à la bonne volonté des rares habitants.

Les résultats scientifiques sont de première importance et leur résumé est digne d'être présenté *in extenso :*

« 1° Au nord du cercle polaire, comme aux latitudes moyennes, on trouve une zone à partir de laquelle la température cesse presque de décroître et même parfois monte (stratosphère).

» L'observation nous montre, en effet, qu'au nord du cercle polaire, comme à Trappes, la stratosphère peut présenter soit simplement une isothermie très approchée, soit d'abord une hausse de température très marquée, pouvant atteindre 10°, suivie de la même isothermie. Dans les deux cas, très différents au point de vue statique, les phénomènes essentiels subsistent : en bas, un système circulatoire à mouvements verticaux, au-dessus une ou plusieurs couches de températures différentes, formant un système stratifié qui s'élève ou s'abaisse suivant les déplacements des phénomènes tourbillonnaires, ainsi que l'a montré M. Teisserenc de Bort.

» 2° Bien que la température, au sol, en hiver, sous le cercle polaire, soit sensiblement plus basse qu'à la latitude de Paris, la température de la haute atmosphère (au-dessus de 14000^m) est à peine plus froide qu'au-dessus de nos régions.

» 3° La température dans les hautes régions s'abaisse, au contraire, lorsqu'on se rapproche de l'équateur, de sorte que, vers 16000^m par exemple, on trouve des températures de $-50°$ à $-60°$ au-dessus de la Laponie, et de $-70°$ entre les tropiques et l'équateur. »

La mission franco-suédoise a donc été très fructueuse et a montré une fois de plus le très grand intérêt des recherches sur la haute atmosphère. Il faut noter, en particulier, que, en Laponie comme en France, les variations de la base de la couche isotherme sont liées beaucoup plus à la situation météorologique, aux cyclones et aux anticyclones, qu'à la saison et à la latitude.

Si l'on remarque que nous ignorons encore la cause première des grands mouvements tourbillonnaires de notre atmosphère, dépressions et cyclones, il apparaît nécessaire de suivre ces mouvements d'une manière continue, aussi bien à leur base près du sol qu'à leur limite supérieure dans la stratosphère.

En terminant, j'émets fortement le vœu que ces recherches, à tous égards si belles et si utiles, soient poursuivies à l'Observatoire de Trappes, avec le même soin qu'avant la mort de son fondateur, et même soient organisées dans d'autres stations météorologiques de notre territoire.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission chargée de présenter une liste de candidats à la cinquième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre : deux membres de la Division des Sciences mathématiques, deux membres de la Division des Sciences physiques et deux membres de la Section des Académiciens non résidents.

MM. **Darboux**, **E. Picard** pour les Sciences mathématiques; MM. **Zeiller**, **Barrois** pour les Sciences physiques; MM. **Sabatier**, **Gouy** pour la Section des Membres non résidents, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **Depéret**, présenté pour la quatrième place d'Académicien non résident, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le XXIVe Bulletin chronométrique de l'Observatoire de Besançon* (année 1911-1912), publié par M. A. Lebeuf, Directeur de l'Observatoire.

2° *L'œuvre d'Henri Poincaré* (1854-1912) : *Le Philosophe*, par L. Brunschwig. *Le Mathématicien*, par J. Hadamard. *L'Astronome*, par A. Lebeuf. *Le Physicien*, par P. Langevin.

3° *Inauguration des monuments élevés à la mémoire de* Philippe Thomas.

4° *Mission du* Service géographique de l'Armée *pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de*

l'Académie des Sciences, 1899-1906. Tome IX : *Zoologie*, fasc. 4; Tome X : *Entomologie*, *Botanique*, fasc. 1.

5° C. HOUARD. *Les Zoocécidies des plantes d'Europe et du bassin de la Méditerranée*. Tome III, supplément. (Présenté par M. Bouvier.)

6° *Étude de Lépidoptérologie comparée*, par CHARLES OBERTHUR. (Présenté par M. Bouvier.)

ASTRONOMIE. — *La matière zodiacale et la constante solaire.* Note (1) de M. E. **BELOT**, présentée par M. G. Bigourdan.

Lorsqu'au siècle dernier furent découvertes Cérès, Pallas et Junon, la loi de Bode avait déjà donné assez exactement leur distance (2,80 au lieu de 2,73). De même aujourd'hui la loi exponentielle des distances planétaires x_n que j'ai démontrée en partant d'une hypothèse cosmogonique tourbillonnaire (*Comptes rendus*, 4 décembre 1905) et qui est plus exacte que la loi de Bode :

$$x_n = 0,28 + 1,883^n : 214,45,$$

assigne les distances théoriques de cinq zones d'astéroïdes :

$$0,2888;\quad 0,2965;\quad 0,3111;\quad 0,3386;\quad 0,4878,$$

correspondant à x_1, x_2, x_3, x_4, x_6. Il paraît utile de réunir les preuves que l'on peut apporter de leur existence objective, et d'indiquer celles qui pourraient s'y ajouter. Toute matière planétaire dont l'orbite est intérieure à celle de la Terre peut se révéler par l'observation des perturbations dues à sa masse, de la réflexion de la lumière solaire, et de son occultation à intervalles périodiques.

1° *Perturbations dues à la matière zodiacale.* — J'ai déjà noté, dans mon *Essai de Cosmogonie tourbillonnaire*, que la masse des anneaux zodiacaux peut expliquer l'accélération de 38″ par siècle du périhélie de Mercure, déjà attribuée par Le Verrier et Tisserand à des astéroïdes intra-mercuriels.

D'autre part, la distance x_4 est celle du périhélie de la comète d'Encke. M. Backlund (*A.N.*, n° 4411, 1910) a soutenu que « si la comète Wolf laisse soupçonner l'existence d'un anneau météoritique, cela n'exclut pas que la comète d'Encke à chaque révolution vient en collision avec la matière de cet anneau ». Le point de collision serait voisin du périhélie :

(1) Présentée dans la séance du 13 octobre 1913.

car si l'orbite x_4 a son périhélie et son excentricité différant peu de ceux de Mercure, elle coupe l'écliptique à une distance voisine de 0,3386 en un point peu éloigné du nœud descendant de la comète d'Encke ($\mathcal{L} = 154°$) qui coïncide à 5° près avec son périhélie.

L'éloignement progressif des deux orbites de la comète et de l'anneau x_4 diminue l'accélération du moyen mouvement de la comète comme on le constate depuis 50 ans. L'anneau x_4 a une vitesse moyenne sur l'orbite de $51^{\text{km}},5$, tandis que la comète d'Encke a une vitesse au périhélie de $70^{\text{km}},2$: la vitesse relative qui crée la résistance au mouvement de la comète diffère donc peu de $18^{\text{km}},7$.

Il existe dans le mouvement du nœud de Vénus une inégalité de $-0'',6$ qui a semblé peu explicable à Newcomb autrement que par l'existence d'un anneau d'astéroïdes entre les orbites de Mercure et de Vénus : nous en trouvons la distance moyenne $x_6 = 0,4878$.

Enfin des inégalités à longue période restent inexpliquées dans la théorie de la Lune. D'après Radau « il semble bien que l'action perturbatrice d'un essaim de petites planètes intramercurielles circulant près du Soleil puisse donner naissance à une inégalité à longue période comme M. Saint-Blancat l'a montré dans sa Thèse ».

2° *Réflexion de la lumière solaire sur la matière zodiacale.* — L'orbite de Mercure balaye une zone comprise entre 0,3096 et 0,4644, où circulent les anneaux $x_1, \ldots, x_6$ qui auraient disparu depuis longtemps s'ils étaient circulaires ou orientés autrement que cette orbite. D'ailleurs les trois anneaux principaux des petites planètes ont une orientation commune des orbites avec concentration des périhélies. Il doit en être de même pour les anneaux zodiacaux dont l'excentricité doit peu différer de celle de Mercure. C'est donc au moment où l'aphélie de Mercure ($\mathcal{L} = 225°$) et des anneaux zodiacaux est à 90° du rayon visuel, que la visibilité de la lumière zodiacale doit être maxima, c'est-à-dire 15 jours avant les deux équinoxes, ce que l'expérience vérifie.

Si la lumière zodiacale représente la projection elliptique d'anneaux concentriques, la formule photométrique en usage pour les comètes montre qu'en mars le bord Sud doit être plus brillant que le bord Nord plus éloigné de la Terre : c'est ce qu'on a observé fréquemment.

La dimension de l'anneau x_6 correspond à une élongation de 35° pour la partie brillante de la lumière zodiacale : c'est cette élongation que Newcomb a mesurée au sommet du Rothhorn.

L'extension de la lueur zodiacale au delà de 35° peut s'expliquer soit par l'existence d'anneaux secondaires, dont les distances peuvent se calculer avec $n = 7 \pm \frac{1}{4}$, $n = 8 \pm \frac{1}{4}$ dans la formule de distribution $\left(\text{analogues aux anneaux harmoniques } n = 10 \pm \frac{1}{4} \text{ des petites planètes}\right)$, soit par les zones satellitaires théoriques de la Terre aux distances 3,1 — 8,6 — 24,5 qui reflètent la lumière solaire et en position de pleine lune donneraient le *gegenschein*.

L'observation du trou central des anneaux zodiacaux paraît difficile, étant donné que $\sin 18° = 0,309 = x_3$. Le crépuscule astronomique empêche de telles observations. Par ailleurs, le spectroscope pourrait permettre de mesurer la vitesse orbitale de la matière zodiacale dans sa partie centrale, la plus brillante : cette vitesse, d'environ 50^{km} par seconde, caractériserait une matière planétaire.

3° *Variations de la constante solaire dues à l'absorption par la matière zodiacale.* — Si les cinq anneaux zodiacaux ont leurs plans d'orbite coïncidant à peu près avec celui de Mercure, ils passent deux fois par an sur le Soleil, toujours aux mêmes époques (mai et novembre, comme Mercure). Il suffirait que les anneaux aient une épaisseur égale à 10 fois le diamètre de de Mercure pour que la durée du passage fût de 7 jours. Si les anneaux zodiacaux sont dans l'écliptique, il y a encore variation de la radiation solaire.

Le rapport ρ de l'absorption à l'aphélie et au périhélie est, pour un anneau de rayon r

$$\rho = \frac{1+e}{1-e} \times \frac{1-r(1-e)}{1-r(1+e)} = \frac{1+e-r}{1-e-r} \qquad (\text{pour } r = 0,3;\ e = 0,2;\ \rho = 1,8).$$

Dans ce cas le nombre des passages de l'aphélie (où a lieu l'absorption maxima) devant le Soleil dépend de la révolution synodique de l'anneau et peut varier de 5, 4 à 2. La durée de ces occultations peut correspondre au passage du tiers de l'anneau, soit 20 jours environ. Dans les deux cas il y aurait par an et périodiquement plusieurs diminutions et augmentations lentes de la radiation solaire, dues à la variation de densité, de distance ou de position relative des anneaux zodiacaux.

Récemment MM. Abbot, Fowle et Aldrich ont observé en Algérie et au mont Wilson des variations lentes et périodiques de la constante solaire s'élevant à 5 pour 100 en 7 à 10 jours environ. Lorsque ces variations

seront mieux connues, l'analyse harmonique permettra de séparer les diverses périodes et de vérifier si elles coïncident avec les périodicités dues aux cinq anneaux zodiacaux.

ASTRONOMIE. — *Sur la comète* (1913 *e*). Observation et Note de M. GIACOBINI, présentées par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une observation de la comète (1913 *e*) découverte par M. Zinner. Elle a été faite à l'Observatoire de Paris, à l'aide de l'équatorial de l'Est de $0^m,38$ d'ouverture.

Date. 1913.	Temps moyen de Paris.	ΔR.	Δδ.	Nombre de compar.	R apparente.	Log. fact. parallaxe.	δ apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 1.......	6.13.13	+0.48,18	−6.32,6	12 : 5	19.25.35,86	$\bar{1}$,181	−12.56. 5,0	0,885	*a*

Position moyenne de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	R 1913,0.	Réduction au jour.	δ 1913,0.	Réduction au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a......	6,4	19.24.45,21	+2,47	−12.49.32,2	− 0,2	½ (Paris 26199 + Cambridge 6811)

D'après un premier calcul d'éléments effectué par M. Kobold, il semble à peu près certain qu'il s'agit de la comète Giacobini (1900-III). Cette comète revient ainsi beaucoup plus tôt qu'on ne l'attendait, et sa durée de révolution doit être modifiée d'environ 29 centièmes d'année. Cet écart procède beaucoup plus de l'incertitude des éléments basés sur deux mois seulement d'observation, que des perturbations toujours peu considérables pour cette comète. Les points les plus rapprochés de son orbite et de l'orbite de Jupiter sont à une distance de plus de 0,7; l'orbite de cet astre peut être considérée comme l'une des plus stables parmi les orbites des comètes à courte période.

Les conditions de visibilité sont, pour ce retour, des plus favorables. L'expression de l'intensité lumineuse $\frac{1}{\Delta^2 r^2}$ qui avait pour valeur 0,60, le soir de la découverte en 1900 (un mois après le passage en périhélie), est actuellement de 3,00.

Dans le champ de l'équatorial, la comète offre l'aspect d'une nébulosité ronde de 40″ à 45″ d'étendue, avec, au centre, un noyau vif de grandeur 9,5

et bien défini. On distingue une petite queue de 3′ à 4′ de longueur, opposée au Soleil.

Vue au travers d'un nicol, la matière nébuleuse semble présenter un très léger affaiblissement dans un certain angle de polarisation; toutefois je ne puis donner ce fait comme certain et ne le signale que pour attirer l'attention des observateurs.

AVIATION. — *Sur un parachute d'aviation.* Note (¹) de M. **Couade**, présentée par M. L. Lecornu.

Tout parachute d'aviation doit satisfaire à certaines conditions nécessaires : 1° Il ne doit pas modifier le vol normal de l'aéroplane quand il est replié; 2° son déploiement ne doit pas être gêné par la présence de l'aéroplane; 3° son déploiement ne doit pas donner lieu à des effets d'inertie dangereux pour le pilote et pour la solidité de la suspension, et cela quelle que soit la vitesse de chute, laquelle est généralement considérable (30^m à 50^m) (on admet que l'homme ne peut normalement résister à des accélérations supérieures à 100^m dans le sens de la colonne vertébrale); 4° son déploiement doit être suffisamment rapide pour que ce moyen de sauvetage agisse efficacement pour des chutes de faible hauteur.

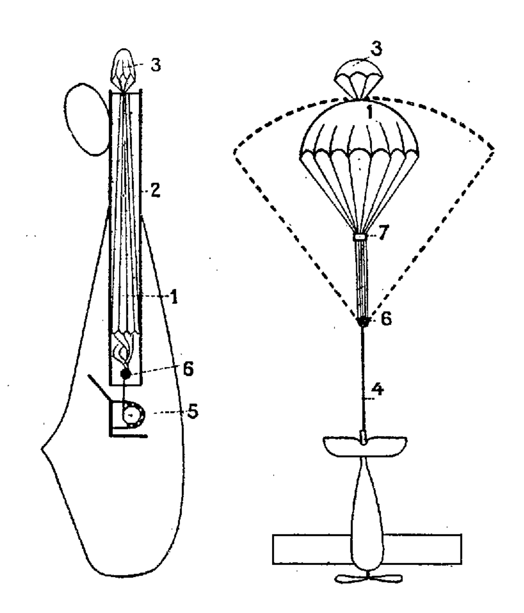
En collaboration avec M. Sloan, constructeur, j'ai étudié et expérimenté sur modèles réduits un dispositif de parachute réunissant ces conditions.

En dehors de toute considération psychologique d'emploi, le parachute d'aéroplane, c'est-à-dire celui qui sauve l'homme et l'appareil, quoique plus lourd et plus encombrant que le parachute de pilote, nous a paru plus facile à organiser.

Ce parachute 1 est enfermé allongé dans un tube 2 placé dans le fuselage, débouchant en arrière des gouvernails, et porte attaché à son sommet un petit parachute tracteur à nervures élastiques 3 qui seul dépasse de ce tube. Ce tracteur est normalement maintenu fermé. Au moment du besoin, un geste du pilote le rend libre de s'ouvrir. Il tire alors de sa gaine le grand parachute et le dispose dans le fil du vent. Ce dernier se déploie à son tour sans que rien puisse gêner son déploiement. La surface de l'étoffe est calculée pour donner une vitesse de descente de $6^m,50$, pouvant être amortie au sol sans danger pour le pilote par un écrasement de $0^m,25$. Pour éviter les accélérations dangereuses qui se produiraient au moment

(¹) Présentée dans la séance du 20 octobre 1913.

du brusque déploiement s'effectuant à grande vitesse, si la suspension était directement attachée à l'aéroplane, on a interposé entre les deux un câble 4 enroulé sur un frein 5 réglé de façon que l'accélération qui ne dépend que de l'effort du frein ne dépasse pas une valeur déterminée. Il en résulte un certain glissement de l'aéroplane par rapport au parachute, d'autant plus grand que la vitesse de chute est plus grande.



Si l'on appelle P le poids de l'aéroplane, φ l'effort du frein sur le câble, V_0 la vitesse à laquelle se produit le déploiement, K le coefficient de sustentation du parachute, l'accélération a pour valeur $\gamma = g\frac{\varphi - P}{P}$ et le glissement aura pour valeur $\frac{\left(V_0 - \sqrt{\frac{\varphi}{Kr^2}}\right)}{2\gamma}$ si φ est constant.

Le frein doit être léger, puissant et régulier. On pourra employer un frein de frottement, un frein hydraulique ou un frein utilisant le travail des outils (la meule en particulier), cet organe pouvant être mis hors d'usage après son fonctionnement.

Un amortisseur de choc 6 est interposé entre le câble et la suspension, ou même entre le frein et le treuil du câble, de façon à protéger la suspension contre les effets du choc résultant de la brusque entrée en jeu du frein.

Dans le but de réduire le glissement, le parachute se déploie en deux temps, d'abord incomplètement par l'effet de la présence d'un lien 7

réunissant les suspentes vers le milieu, puis complètement, après rupture automatique de ce lien, dès que le glissement a commencé. Pour les plus grandes vitesses de chute (50^m), le fonctionnement complet du parachute doit se faire en moins de 100^m.

Une liaison élastique permettrait également d'obtenir des accélérations acceptables, mais avec un poids de caoutchouc trop considérable.

Une première série d'expériences faites avec des modèles réduits a porté sur les points suivants :

1° *Fonctionnement du dispositif de sortie du parachute à l'aide d'un tracteur.* — Les résultats ont été parfaits, même à de faibles vitesses (15^m).

2° *Influence de la position du lien réunissant les suspentes sur la valeur de la sustentation* Kr^2V^2 *du parachute*, r étant le rayon du parachute. — K peut pratiquement varier de 0,1 à 0,25.

3° *Influence de la perméabilité de l'étoffe sur la sustentation.* — On a trouvé que la sustentation d'un parachute imperméable dont les suspentes ont une fois et demie la longueur du rayon de l'étoffe est sensiblement égale à celle d'un cercle plan de même rayon et que celle d'un parachute en soie très légère et très perméable lui est inférieure seulement dans le rapport de 8 à 10, pour une vitesse de descente de 6^m.

4° *Effets d'inertie produits par le brusque déploiement d'un parachute directement attaché à son lest.* — Dans les quatre premières expériences, une gaine attachée à un cordeau de longueur l contenait le parachute de poids p. Le bout du cordeau étant fixé, on laissait tomber le tout; le parachute sortait alors par inertie par la partie inférieure de sa gaine après une chute de longueur l, c'est-à-dire à une vitesse voisine de $V_0 = \sqrt{2gl}$, et se déployait. Dans la cinquième expérience, la sortie du parachute se faisait par la partie supérieure de la gaine à l'aide d'un tracteur, comme dans le dispositif décrit. L'effort maximum F était mesuré par un dynamomètre à empreinte de bille sur matière plastique (paraffine), interposé entre le lest de poids P et la suspension. Pour des vitesses V_0 comprises entre 15^m et 21^m, on a trouvé dans les deux cas que les accélérations Γ étaient supérieures à $\Gamma_0 = g\dfrac{Kr^2V_0^2-(P+p)}{P+p+1,92\,gKr^2}$, $\dfrac{dV}{dt} = g\dfrac{Kr^2V^2-(P+p)}{P+p+1,92\,gKr^2}$ étant l'application au cas du parachute de la formule d'amortissement par l'air de la vitesse d'un projectile, due à Didion.

Voici d'ailleurs les résultats de ces cinq expériences :

Expériences.	Kr^2.	V_0.	$P+p$.	F.	Γ.	Γ_0 calculé.
		m	kg	kg	m	
1.........	0,04	17	2,27	11,24	48	31,5
2.........	0,04	17	2,32	8	31	31
3.........	0,04	21	3,88	13,50	36	27,5
4.........	0,135	19	3,70	30	80	74
5.........	0,063	16	2,4	7,8	33	30

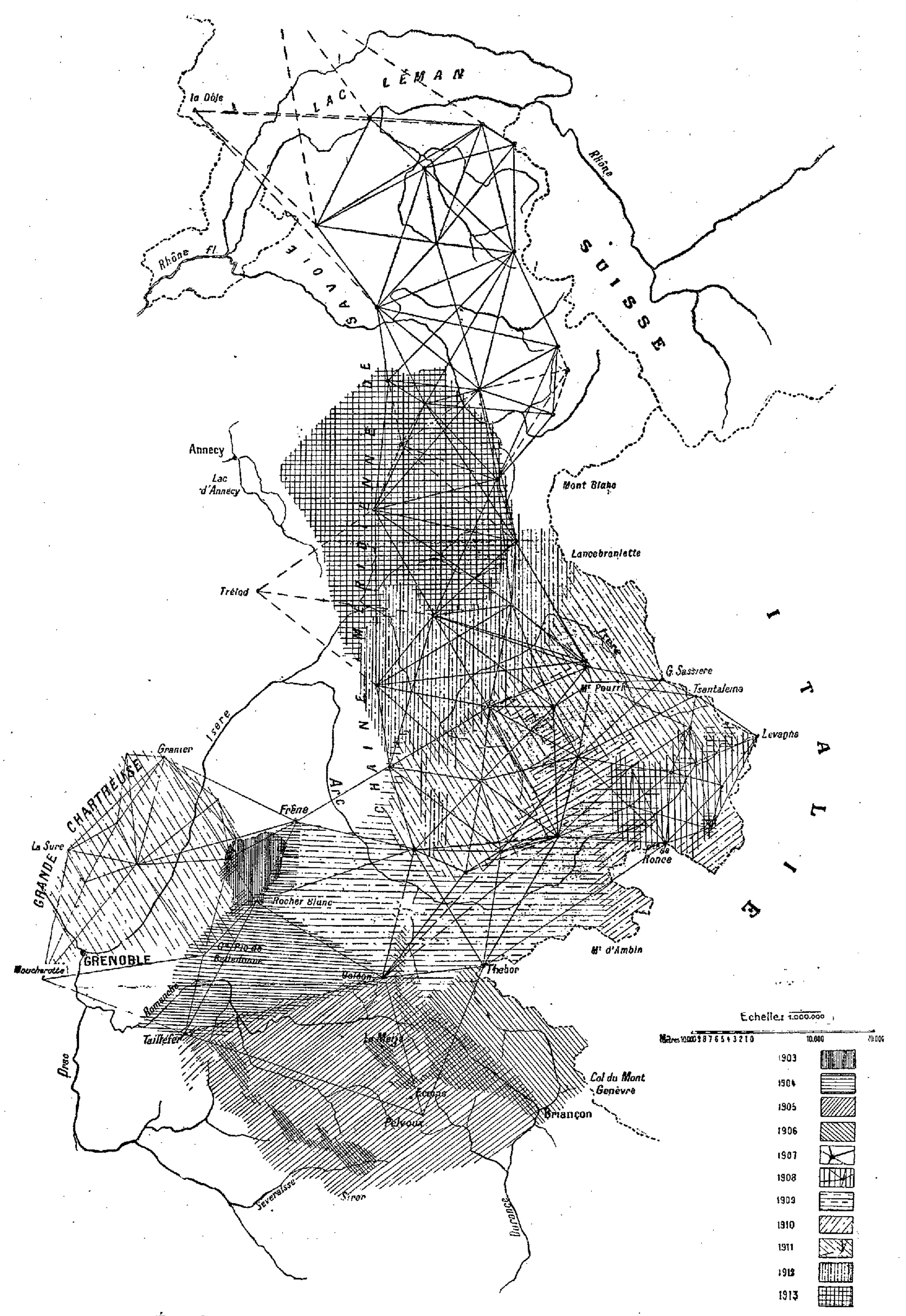
Si, comme il y a lieu de le penser, les grands parachutes donnent lieu aux mêmes phénomènes que les petits, les parachutes d'aéroplane à suspension rigide doivent être dangereux, car pour des vitesses de chute comprises entre 30^{m} et 50^{m}, les accélérations seraient comprises entre 120^{m} et 400^{m}.

GÉODÉSIE. — *Sur les triangulations géodésiques complémentaires des hautes régions des Alpes françaises* (onzième campagne). Note de M. **P. Helbronner**, présentée par M. Bassot.

C'est dans les polygones IV et V de ma Chaîne Méridienne de Savoie que, cette année, sont venues s'intercaler les mailles des réseaux de la Description géométrique détaillée des Alpes françaises que je poursuis depuis onze ans. Suivant la méthode que j'ai adoptée, dès le début de l'utilisation de cette Chaîne Méridienne pour les canevas primaires, secondaires et tertiaires, j'ai stationné à nouveau les points fondamentaux établis au cours des campagnes 1907 et 1908, qui se trouvent compris dans la surface de ces triangulations : c'est ainsi que j'ai réoccupé cet été les sommets de la Pointe Percée (2752^{m}) [1], du Mont Joly (2527^{m}), de l'Aiguille de Jallouvre (2438^{m}) et du Charvin (2414^{m}); un cinquième sommet de cette Méridienne de Savoie, le Roc de la Torchère (2666^{m}), qui n'a figuré dans cet enchaînement fondamental que comme point intersecté, a été également occupé cette année. Bridée d'une façon multiple par les alignements primordiaux constitués sur les liaisons de ces cinq points et aussi sur les liaisons de ceux-ci avec les autres points de la Méridienne de Savoie situés au Nord et au Sud, une trame très serrée a fixé, sur une superficie d'environ 700^{km^2}, la détermination d'un grand nombre de points relevés ou intersectés.

Une première série de stationnements a eu pour but d'étendre le réseau général tout autour de la place d'Albertville, en le soudant aux levés de l'année précédente qui, dans cette région, s'étaient arrêtés aux sommets de Bellachat, du Grand Arc, de la Grande Lanche et du Mirantin (*Comptes rendus*, t. 155, séance du 21 octobre 1912). A cet effet, des stations primaires furent exécutées au Pic de la Belle-Étoile (1846^{m}), à la Dent de Cruessajran (1988^{m}), au sommet de Bisanne (1947^{m}), au Fort de Lestal (806^{m}), tandis que des stations secondaires et tertiaires ont rempli les

(1) Les altitudes données dans cette Note sont essentiellement provisoires; elles proviennent, en général, de la Carte de l'État-Major au $\frac{1}{80000}$.



État des campagnes géodésiques de M. P. Helbronner à la fin de 1913.

intervalles jalonnés par ces points principaux. Une *ligne de base de nivellement*, correspondant à cette surface, a été exécutée dans la vallée de l'Isère en aval d'Albertville et dans la vallée de l'Arly.

Une seconde série de stationnements a servi à constituer un réseau détaillé au Nord-Est de la précédente, c'est-à-dire dans la vallée du Doron de Beaufort. J'y ai occupé, comme stations primaires, le sommet culminant d'Outray (2342^m), les sommets Est (2450^m) et Central (2474^m) du Rocher des Enclaves, la Tête de Miraillet (2220^m), la Roche Parstire (2100^m), la Tête de l'Arpire (2150^m), la Tête Nord de Pérosan (2550^m) et l'Aiguille Croche (2487^m).

La troisième région couverte par les mailles du réseau de détail de cette onzième campagne est soudée à la partie septentrionale des deux précédentes; elle s'étend sur toute la surface limitée à l'Ouest par les chaînes de la Tournette et de Jallouvre, au Nord par la vallée de l'Arve, à l'Est par les crêtes du Mont Joly qui forment bordure occidentale des levés de la Carte du massif du Mont Blanc de MM. Henri et Joseph Vallot. Cette surface est traversée du Sud-Ouest au Nord-Est par le grand alignement presque rectiligne des trois massifs du Charvin, du Roc de l'Etalaz et des Monts Fleuris du Reposoir dont, notamment, les dentelures très nombreuses ont été, toutes, l'objet de déterminations précises. A l'Ouest de ce grand alignement, j'ai dirigé mon travail de façon à comprendre dans l'ensemble des triangulations deux séries importantes de signaux et de points trigonométriques qui m'avaient été indiqués comme spécialement destinés à appuyer des opérations ultérieures de levés à grande échelle par des méthodes photogrammétriques toutes récentes, levés devant eux-mêmes servir de fondement à des figurés géologiques très détaillés. Les stations primaires de cette région furent effectuées à Combloux (970^m), au Col des Annes (1710^m), à la Pointe Percée (2752^m), à la Pointe d'Almet (2221^m), au Mont Joly (2527^m), au sommet de Croisse-Baulet (2236^m), à la Tête du Torraz (1933^m), à la Tête d'Excoffonière (1870^m), au sommet de Beauregard (1652^m), à la Tête du Danay (1737^m), au Roc de la Torchère (2666^m), à la Pointe de Crépignon (2028^m), à l'Aiguille de Jallouvre (2438^m), au Charvin (2414^m) et au sommet de Sulens (1849^m). Pour cette région, comme pour les deux premières, il a été fait choix d'un certain nombre de repères du Service du Nivellement général de la France, servant de points de départs altimétriques.

Au cours des trois mois qu'a duré cette nouvelle campagne, j'ai stationné en 124 points géodésiques qui portent à 1026 le total général des stations

exécutées depuis le début de mes opérations. Il a été enregistré 57 douzaines de clichés formant pour la plupart tours d'horizon complets de sommets. Plusieurs fractions de ces panoramas ont été, de plus, obtenues avec de grands détails au moyen de téléphotographies se raccordant : c'est ainsi, notamment, que du sommet du Charvin, un tiers environ de la ligne d'horizon a été relevé par vingt-huit clichés téléphotographiques.

PHYSIQUE. — *Sur le rôle de la molécule neutre des électrolytes.* Note de M. Bohdan de Szyszkowski.

M. Perrin (¹) explique la loi bien connue des réactions monomoléculaires par la constitution de la molécule même et le caractère de l'agitation moléculaire, et la formule ainsi : *La probabilité de rupture d'une molécule d'un gaz ne dépend pas des chocs qu'elle subit.* Or cet énoncé, si on l'applique aux solutions, embrasse d'une façon complète et générale toutes les opinions qui ont été récemment émises sur le rôle de la molécule neutre des électrolytes binaires dans la dissociation électrolytique.

Ainsi, M. Walden (²) donne une preuve expérimentale de la proposition que la valeur de la constante d'affinité d'un électrolyte dissous est prédéterminée, *ceteris paribus*, par la valeur de la constante diélectrique de sa molécule non dissociée à l'état liquide. M. Walker (³) est conduit par l'analyse de la formule de Van't Hoff $\frac{C_1^{\frac{3}{2}}}{C_0} = K$ à l'hypothèse que les déviations des électrolytes forts, tels que les sels, de la loi d'action des masses doivent être attribuées à la molécule non dissociée et pas aux ions. Enfin, dans un récent Mémoire présentée à l'Académie royale de Suède (⁴), je donne une synthèse des idées de MM. Walden et Walker, ainsi que quelques preuves expérimentales de leur grande utilité.

En résumé, on peut les présenter d'uue façon très claire, en disant que la différence énorme entre la dissociation faible de l'acide acétique dans une solution aqueuse diluée et la dissociation presque complète de l'acétate de sodium dans les mêmes conditions sont prédéterminées par le caractère individuel (constante diélectrique d'après Walden) de la molécule neutre

(¹) J. Perrin, *Les atomes*, 1912, p. 228-231.

(²) *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, 1912, p. 305.

(³) *Report of the British Association*, 1911, p. 349.

(⁴) *Neutral Salt Action. Meddelanden från K. Vetenskapsakademiens Nobelinstitut*, t. II, 1913, p. 41.

de ces corps. Or ce résultat auquel on est arrivé d'une façon empirique est une suite immédiate de la proposition de M. Perrin, énoncée au début; car il est clair que si la constitution de la molécule ne peut pas être affectée par les chocs qu'elle subit, toutes les déviations apparentes de la loi d'action des masses ne peuvent être attribuées qu'à la constitution de la molécule même ainsi qu'aux conditions de son agitation moléculaire.

Or jusqu'à présent on a toujours cherché à interpréter les déviations des électrolytes forts en développant en séries le potentiel thermodynamique de leurs solutions ([1]), sans parvenir toutefois à une loi d'équilibre qui fût en accord complet avec la réalité.

Cet échec partiel s'explique facilement si l'on considère que développer en séries équivaut dans ce cas à admettre, au point de vue de la théorie cinétique, une interaction directe (autrement dit des chocs) entre différentes espèces de molécules de l'électrolyte, ce qui est contraire à la proposition de M. Perrin. C'est donc dans une autre voie qu'il faut chercher la solution du problème et elle me paraît tout à fait indiquée par le changement des conditions de l'agitation moléculaire.

Très récemment, M. Washburn ([2]), en introduisant dans l'expression du potentiel thermodynamique une fonction arbitraire, qu'il appelle fonction thermodynamique du milieu, est parvenu à déduire pour les électrolytes forts une loi de dissociation parfaitement conforme à la réalité. Quoique l'importance de ce succès soit considérablement réduite par l'introduction d'une fonction arbitraire, il est toutefois intéressant de noter au point de vue formel que c'est en restant dans l'ordre d'idées de M. Perrin qu'on peut parvenir à la solution du problème, car il est évident que *les conditions de l'agitation moléculaire* et *la fonction thermodynamique du milieu* expriment sous des formes différentes la même notion.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un voltmètre statique à lecture directe, destiné à la mesure de très faibles courants.* Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une Note précédente ([3]) j'ai décrit un électromètre très sensible dont l'aiguille reposait sur un axe pivotant sur pierres; l'aiguille étant au

([1]) Nernst, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1901, t. XXXVIII, p. 487. — Jahn, *loc. cit.*, t. XLI, 1902, p. 266. — Szyszkowski, *loc. cit.*, t. LXIII, 1908, p. 438.

([2]) *The Journal of the American chemical Society*, t. XXXV, 1913, p. 700-705.

([3]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 779.

potentiel de la cage, il était possible de disposer dans son voisinage immédiat une échelle circulaire fixe.

En m'inspirant de ces mêmes principes, j'ai réussi à construire un autre appareil d'une forme plus réduite, d'une robustesse et d'un montage supérieurs, et plus sensible au potentiel que le précédent.

Description. — L'appareil ne porte qu'un seul *cadran* (*fig.* 1 et 2)

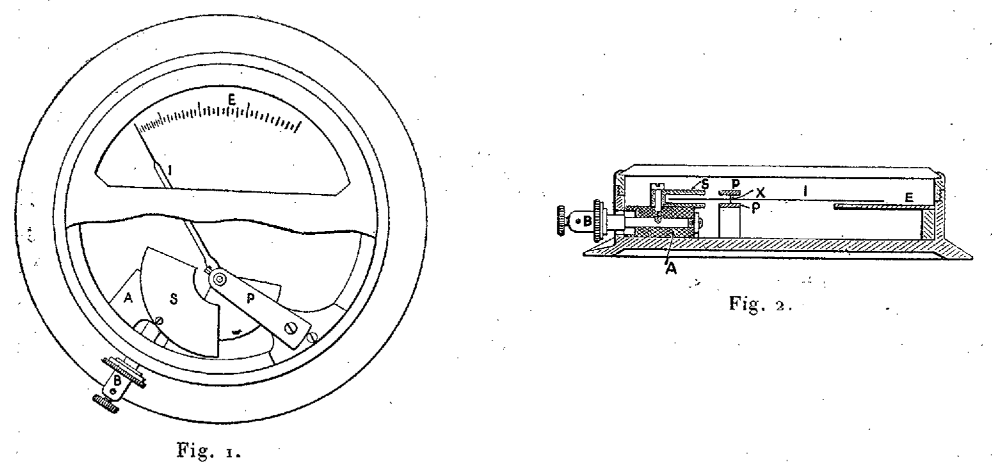


Fig. 1.

Fig. 2.

Grandeur : $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

constitué par une paire de secteurs S soigneusement isolés. Un pont PP maintient le petit axe X entre deux rubis. Cet axe, long de 5^{mm}, porte en son milieu une aiguille I d'une longueur totale de 55^{mm} environ et dont l'une des ailes a la même forme circulaire que l'aiguille de Lord Kelvin, l'autre étant droite et pointue. Un spiral fixé sur l'axe X sert de couple antagoniste. Dans la position de repos, l'aiguille n'est que très légèrement engagée entre les deux secteurs du cadran. Ces secteurs sont en acier trempé et aimanté, et constituent le système d'amortissement. Par contre, à part ces secteurs, il n'y a aucun organe de l'appareil qui soit construit en matière magnétique.

Montage. — L'ensemble de l'aiguille du système chargé et de l'isolant est enfermé dans une cage métallique très plate et il ne sort de la cage, par une petite ouverture pratiquée sur la paroi de l'appareil, qu'une tige reliée électriquement au secteur; l'isolant A est monté de telle façon qu'il est impossible de le toucher; il n'est même pas visible de l'extérieur, de sorte qu'il est protégé contre toutes détériorations par l'humidité, la poussière ou la lumière. La tige B, reliée aux secteurs S et sortant de la cage, porte un petit chapeau métallique coulissant qui permet de fermer l'appareil

lorsqu'on ne s'en sert pas et de protéger ainsi parfaitement l'intérieur en même temps qu'il relie le secteur à la cage. La tige B porte en outre à son extrémité une petite borne permettant de fixer le fil conducteur venant de la source électrique.

La plaque métallique qui couvre par en haut le mécanisme, offre la protection électrostatique nécessaire. Une petite borne fixée sur la cage permet de relier celle-ci au sol. L'aiguille se déplace le long et dans le voisinage direct d'une échelle circulaire fixe E, offrant comme système de lecture exactement le même aspect qu'un voltmètre ordinaire. Les dimensions de l'appareil sont réduites à un diamètre de 10^{cm} et à une hauteur de $2^{cm},5$.

L'appareil ainsi monté est aussi robuste qu'un voltmètre ordinaire ; son aiguille étant excessivement légère ne nécessite même pas de calage et, comme *elle ne porte pas de charge*, elle ne peut pas être déréglée par une fausse manœuvre.

Sensibilité. — Tout en conservant le même montage, l'appareil peut être construit pour différentes sensibilités, le modèle courant ayant une capacité moyenne de 6 U. E. S. et une échelle de 100 à 300 volts, correspondant à 90°. L'ordre de grandeur de l'intensité du courant pratiquement nécessaire pour les mesures est de 10^{-12} ampère. D'autres modèles, qui ne diffèrent que par la force du spirale seule, ont une étendue respective d'échelle de 200 à 500, de 300 à 1000 volts; en augmentant encore la force du spiral, on peut réaliser des échelles allant jusqu'à 10000 volts et plus.

Dans le modèle destiné à la mesure de faibles voltages (jusqu'à 300 volts), l'aiguille est complètement amortie. L'appareil permet des observations avec une précision de 2 pour 100.

Emploi. — Cet appareil remplace très avantageusement à la fois les électroscopes et les voltmètres statiques dans toutes leurs applications et les électromètres dans beaucoup de cas et peut servir, grâce à sa sensibilité, à toutes observations d'électricité atmosphérique, de courants d'ionisation, mesures de faible conductibilité, etc., de même qu'à toutes mesures de potentiel d'un courant quelconque. Il m'a permis entre autres la détermination de la charge due au frottement des isolants.

Sa commodité de lecture et sa robustesse permettent de l'employer dans des conditions défavorables où la mesure à l'aide d'autres appareils serait impossible.

PHYSIQUE. — *Compressibilité et différences des chaleurs spécifiques des liquides.* Note de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. E. Bouty.

Pour obtenir la formule de la compressibilité isothermique des liquides, on peut répéter le même raisonnement que dans le cas des gaz, c'est-à-dire

si

(1) $$\frac{dv}{v} = -\frac{\alpha}{\beta}\frac{dp}{p}$$

est une équation différentielle des transformations des liquides à température constante et

(2) $$\frac{\alpha}{\beta} = a - bp - cp^2 - \ldots$$

le développement de $\frac{\alpha}{\beta}$ en fonction de p, on obtient, en mettant la valeur (2) de $\frac{\alpha}{\beta}$ dans (1) et intégrant,

$$\log v = \text{const.} - a \log p + bp + \frac{c}{2}p^2 + \ldots;$$

d'où

$$v = \mathrm{A} p^{-a} e^{bp + \frac{c}{2}p^2 + \ldots},$$

A, a, b, c, ... sont des fonctions de la température seule, e est la base des logarithmes naturels.

A la pression zéro v est fini et différent de zéro; il faut donc que a ait une valeur nulle pour les liquides et les solides.

Finalement on obtient deux équations :

(3) $$v = \mathrm{A}\, e^{bp + \frac{c}{2}p^2 + \ldots},$$

(4) $$\frac{\alpha}{\beta} = - bp - cp^2 - \ldots.$$

La valeur du coefficient de compressibilité

$$\mu = -\frac{1}{v}\frac{dv}{dp}$$

se déduit également de l'équation (1); on sait que

(5) $$\mu = +\frac{\alpha}{\beta}\frac{1}{p}.$$

Pour appliquer l'équation (3) on peut se borner, dans le développement de $\frac{\alpha}{\beta}$, à deux termes et l'on obtient la formule

$$v = \mathrm{A}\, e^{bp + \frac{c}{2}p^2}.$$

La concordance de cette formule avec les expériences de M. Amagat est en général très satisfaisante, comme le montrent les Tableaux ci-après :

Pour l'eau à 0°, on a

$$b = -0,00005159, \qquad c = +0,0000000013 03.$$

p.	v (observé).	v (calculé).	μ (exp.) [1].	μ (calc.).
1.........	1,00000	1,00000	0,0000525	0,00005158
100.........	0,99493	0,99496	0,000050	0,00005029
300.........	0,98530	0,98530	0,000047	0,00004770
500.........	0,97625	0,97620	0,000045	0,00004508
600.........	0,97197	0,97190	0,000043	0,00004377
1000.........	0,95600	0,95607	0,000037	0,00003856
2000.........	0,92370	0,9262	0,000030	0,00002553
3000.........	0,89830	0,8855		

Pour l'alcool éthylique, on a

A 0°.........	$b = -0,00009327$	$c = 0,0000000534$
A 40°.........	$b = -0,0001216$	$c = 0,000000083$

	0°.		40°.	
p.	v (observé).	v (calculé).	v (observé).	v (calculé).
0.......	1,0000	1,0000	1,0442	1,0442
100.......	0,9908	0,9908	1,0317	1,0317
300.......	0,9748	0,97483	1,0110	1,0107
500.......	0,9611	0,96093	0,9941	0,9929
700.......	0,9493	0,9493	0,9796	0,9788
1000.......	0,9339	0,9357	0,9614	0,9625

On peut aussi exprimer, au moyen des coefficients de dilatation α et β, la différence des deux chaleurs spécifiques à pression constante C et à volume constant c. En effet, l'équation de Clapeyron donne

$$C - c = \frac{T}{J}\frac{\partial p}{\partial t}\frac{\partial v}{\partial t},$$

où T est la température thermodynamique, J l'équivalent mécanique de la calorie.

Or

$$\frac{\partial p}{\partial t} = p\beta \quad \text{et} \quad \frac{\partial v}{\partial t} = v\alpha,$$

donc

$$C - c = \frac{T}{J} vp\alpha\beta = \frac{Tvp\alpha^2}{J\frac{\alpha}{\beta}}; \tag{6}$$

(1) Calculé par M. Amagat.

dans la deuxième partie de l'équation (6), T, v, p et J sont connues d'après les expériences directes, $\frac{\alpha}{\beta}$ se calcule d'après les expériences de compressibilité et α peut être déterminé avec une approximation suffisante au moyen de l'équation facile à obtenir,

$$v = v_0\, e^{\int_{t_0}^{t} \alpha\, dt},$$

et, en supposant que α reste constant dans un certain intervalle, on a

$$v = v_0\, e^{\alpha(t-t_0)}.$$

Les calculs pour l'eau à 0° donnent :

p.	$\frac{\alpha}{\beta}$.	α.	$C-c$.
1..........	0,00005158	−0,00002399	0,0000738
100.........	0,005029	−0,0000140	0,0000257
200.........	0,009997	+0,0000444	0,000258
300.........	0,01430	+0,0000892	0,001088
400.........	0,01855	+0,0001022	0,00461
500.........	0,02254	+0,0001329	0,00242
600.........	0,02627	+0,0001500	0,003304
700.........	0,02973	+0,0001688	0,0043
800.........	0,03293	+0,0001927	0,00577
900.........	0,03600	+0,0002185	0,00758

On trouve donc que $\frac{C}{c}$ est très voisin de l'unité, ce qui n'est pas d'accord avec les résultats obtenus autrefois [1] où $\frac{C}{c}$ est calculé d'après la formule de la vitesse du son :

$$V = \sqrt{\frac{C}{c}\,\frac{\beta}{\alpha}\,\frac{p}{\rho}} \quad [2].$$

L'écart tient à ce que $\frac{\alpha}{\beta}$, qui a été pris pour une constante, varie beaucoup avec la pression, comme le montre le Tableau précédent.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 157, p. 584.

(2) Obtenu précédemment par M. Ariès.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques applications physico-chimiques de l'équation de répartition de Maxwell-Berthoud.* Note de M. **Georges Baume**, présentée par M. G. Lemoine.

I. Au cours d'un travail sur le mécanisme de la réaction chimique, j'ai été amené à reprendre l'étude de quelques applications de l'équation de distribution des vitesses moléculaires de Maxwell

$$dN = KN\, e^{-\frac{3}{2}\frac{V^2}{V_0^2}} \left(\frac{V^2}{V_0^2}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{dV}{V},$$

où N représente le nombre total des molécules contenues dans la masse de gaz considérée, dN le nombre de molécules dont les vitesses sont comprises entre V et $V + dV$, et V_0 la moyenne quadratique des vitesses.

La formule de Maxwell n'est applicable qu'aux molécules monoatomiques; mais Berthoud a montré, au cours de ses belles recherches sur les *isomères thermiques*, qu'en remplaçant dans cette équation le nombre 3 par la chaleur moléculaire à volume constant C_v, il est possible de retrouver la loi thermodynamique de variation de la concentration de ces isomères avec la température [1].

Ce résultat et ses conséquences remarquables, qui montrent qu'un gaz en équilibre cinétique est également en équilibre thermodynamique, donnent un grand intérêt à la formule modifiée de Berthoud, qui conduit, ainsi que l'a remarqué ce savant, à des courbes différentes de répartition des vitesses, selon la valeur de C_v (supposé constant le long d'une même courbe); le nombre des molécules dont les vitesses sont très éloignées de la valeur moyenne diminue quand la capacité calorifique s'élève; de plus, la valeur de la vitesse la plus probable que prennent les molécules et celle de la vitesse quadratique moyenne sont d'autant plus rapprochées que C_v est plus grand [2].

Le calcul montre que les vitesses moléculaires s'égalisent très rapide-

---

(1) A. Berthoud, *Journal de Chimie physique*, t. IX, 1911, p. 352; t. X, 1912, p. 573; t. XI, 1913, p. 577.

L'hypothèse des *quanta* permet de donner une forme particulière à la notion d'*isomères thermiques* de Berthoud.

(2) Cf. A. Berthoud, *loc. cit.*

ment lorsque C_v croît (¹) : pour une même valeur de l'abscisse $\left(\frac{T}{T_0} = 3,\right.$ par exemple$\left.\right)$ les ordonnées rapportées à une même valeur de l'ordonnée maxima (= 1) sont égales à 0,1 (environ) pour $C_v = 3$ (argon), à 10^{-5} pour $C_v = 25$ (alcool éthylique), à 10^{-9} pour $C_v = 45$ (acétate d'éthyle). Cette égalisation des températures, lorsque C_v croît, permet de préciser un certain nombre de nos connaissances relatives à la stœchiométrie des fluides et à la notion de rayonnement; il est également possible d'appliquer ce résultat aux données de la cinétique chimique et à l'étude du mécanisme des réactions dans les systèmes gazeux homogènes et ceux qui leur sont assimilables : nous ne considérerons dans la présente Note, pour abréger, que les systèmes irréversibles.

II. La forme même de l'équation de Maxwell-Berthoud permet de donner une interprétation simple des variations de la vitesse de réaction avec la température. Lorsque cette vitesse est mesurable, le nombre des *molécules actives* (²) [que les catalyseurs sélectionnent (³)] est assez faible dans le système considéré; la température moyenne du système est donc sensiblement différente de celle que possèdent ces molécules (si l'on admet que la différence de vitesse seule intervient dans ce phénomène), et il est facile de montrer que :

1° L'augmentation du nombre des molécules actives, pour une élévation donnée de température, croît avec C_v.

2° La vitesse de réaction est, en général, doublée ou triplée pour une élévation de température de 10°; cet accroissement est d'autant plus grand que C_v est plus grand, et par suite (en première approximation) que les molécules sont plus complexes.

3° Les molécules actives ont une vitesse d'autant plus voisine de la vitesse quadratique moyenne que C_v est plus grand.

(¹) Cf. BERTHOUD, *loc. cit.* Ce résultat est en accord avec un grand nombre de faits expérimentaux. Berthoud a calculé d'une manière très élégante la constante de sa nouvelle équation (*J. Ch. phys.*, t. XI, 1913, p. 577). Celle-ci disparaît dans les rapports que j'ai utilisés pour construire les courbes dont j'ai fait usage ici; mais sa connaissance est indispensable pour les calculs en valeur absolue.

(²) Cf. ARRHENIUS, *Z. phys. Chem.*, t. IV, 1889, p. 231, et t. XXVIII, 1899, p. 317. — A. BERTHOUD, *J. Ch. phys.*, t. X, 1912, p. 576 et suiv.

(³) Cf. J. DUCLAUX, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1176, et t. 153, 1911, p. 1217. — G. BAUME, *Arch. Sc. phys. et nat.*, 4ᵉ série, t. XXXIII, 1912, p. 115.

4° Le processus des réactions chimiques, qui comprennent principalement les réactions atomiques (Van't Hoff, Bodenstein, Euler, Briner) [1] et les réactions caractérisées par la formation de produits d'addition intermédiaires (Kékulé, Van't Hoff, Guye) [2], peut être précisé : les substances présentant un fort développement thermique des vitesses (C_v petit) peuvent réagir de préférence selon le processus atomique (ou plus généralement de dissociation), surtout dans les systèmes à température élevée et ceux qui leur sont assimilables (état naissant, etc.); les réactions intermédiaires d'addition se produisent, au contraire, avec les substances à chaleur moléculaire C_v élevée, ce qui exclut l'existence, en nombre appréciable, de molécules à des températures très différentes de la température moyenne du système (et surtout les molécules à très grande vitesse relative).

5° Les molécules d'addition ne peuvent, en raison de leur instabilité, être formées que par les molécules à faible vitesse : on ne pourra donc les caractériser expérimentalement qu'à basse température [3].

Les notions précédentes se présentent sous une forme plus générale lorsqu'on fait intervenir les variations de C_v en fonction de la température, conformément aux données de la théorie des *quanta* : celles-ci permettent d'interpréter aisément le processus des réactions d'addition, des équilibres et faux équilibres, ainsi que certains phénomènes de catalyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de divers métaux sur les propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone.* Note de MM. **Eugène-L. Dupuy** et **A. Portevin**, présentée par M. Le Chatelier.

Les recherches faisant l'objet de cette Note ont eu pour but d'étudier les modifications apportées aux propriétés thermo-électriques des alliages fer-carbone par la présence des métaux habituellement employés pour la

(1) Van't Hoff, *Z. phys. Chem.*, t. XVI, *passim.* — Bodenstein, *Ibid.*, t. XXIX, 1899, p. 315, et t. LVII, 1908, p. 168. — Euler, *Ibid.*, t. XXXVI, 1901, p. 641. — E. Briner, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1149, et t. 157, 1913, p. 281. E. Briner a montré que les lois d'Arrhenius et d'Ostwald doivent être étendues aux réactions atomiques (*loc. cit.*).

(2) Ph.-A. Guye, *J. Ch. phys.*, t. VIII, 1910, p. 119.

(3) Guye, Wrazywski et Tsakalotos, *J. Ch. phys.*, t. VIII, 1910, *passim.* — G. Baume, *loc. cit.*

préparation des aciers spéciaux, c'est-à-dire le manganèse, le silicium, l'aluminium, le chrome, le tungstène, le molybdène. Elles font suite au travail déjà publié relatif à l'influence du nickel [1]. Le dispositif expérimental fut d'ailleurs le même et a été décrit à cette occasion.

Les alliages, au nombre de 60 (soit : Fe-C 7, Fe-C-Cr 17, Fe-C-Mn 4, Fe-C-Al 7, Fe-C-Si 7, Fe-C-Tu 10, Fe-C-Mo 8), se répartissent en deux groupes de teneur en carbone voisines de 0,15 pour 100 et 0,80 pour 100, sauf pour la série Fe-C, dont la teneur varie de 0 (fer électrolytique pur) à 1,6 pour 100. Ils ont été expérimentés sous deux états :

1° Après un recuit de 3 heures à 900°-1000°, le refroidissement ayant duré environ 8 heures;

2° Après trempe à partir de 1000° dans l'eau à 14°. La température de chauffage a été choisie aussi élevée afin de faciliter la mise en solution des carbures.

On a mesuré, dans chaque cas, le pouvoir thermo-électrique moyen par rapport au plomb entre $-78°$ et $0°$ et entre $+100°$ et $0°$.

On trouvera ces analyses et les résultats numériques, trop nombreux pour être insérés ici, dans un autre Recueil.

Si l'on construit, pour les échantillons de chaque série de même teneur en carbone, les courbes représentant la variation du pouvoir thermo-électrique moyen en fonction de la teneur en métal ajouté, on constate que, presque toujours, la trempe diminue le pouvoir thermo-électrique, l'écart entre les résultats trouvés pour les alliages recuits et trempés étant très faible pour ceux renfermant une notable proportion de chrome ou de tungstène. L'étude de la résistance électrique avait déjà donné des résultats analogues [2]. Cet écart est en général plus important pour les séries à forte teneur en carbone, montrant ainsi l'influence de la mise en solution solide de ce métalloïde par trempe.

De plus, ces courbes, d'après leur allure générale, peuvent se diviser en deux groupes :

1° Les métaux tels que le manganèse, le silicium, l'aluminium donnent une courbe continue, s'abaissant tout de suite très rapidement, et rappelant la forme d'un U, ou tout au moins de la première branche d'un U, dans les cas où l'on n'a pu explorer les teneurs élevées en élément étranger. C'est la forme déjà observée pour les aciers au nickel irréversibles (*fig.* 1).

D'après ce qu'on sait sur les relations entre la forme de ces courbes et la

[1] E.-L. Dupuy et A. Portevin, *Comptes rendus*, t. 155, 25 nov. 1912, p. 1082.

[2] A. Portevin, *Revue de Métallurgie*, t. VI, 1909, p. 1304.

constitution chimique (¹), cette allure correspond aux solutions solides.

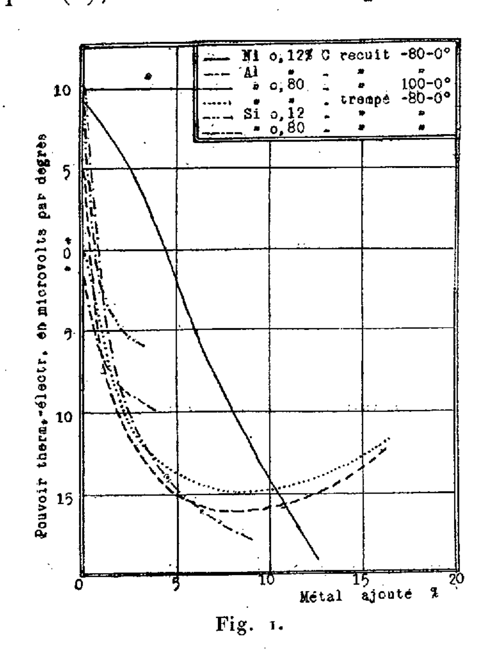


Fig. 1.

Elle indique donc que ces métaux, tout au moins dans les limites des teneurs étudiées, forment des solutions solides.

2° Pour les métaux tels que le chrome, le tungstène, le molybdène, il y

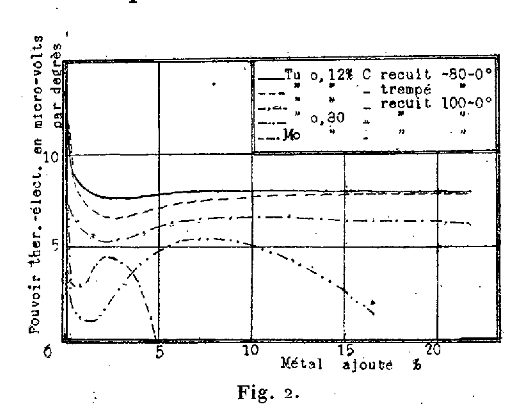


Fig. 2.

a d'abord abaissement brusque de la courbe, ce qui indique comme précédemment une mise en solution solide, puis un relèvement qui semble corres-

(¹) Haken, *Ann. der Phys.*, 4ᵉ série, t. XXXII, 1910, p. 291; W. Broniewski, *Revue de Métallurgie*, t. VII, 1910, p. 341.

pondre à la saturation de cette solution. (Courbes en forme de *S* couché, *fig.* 2.) Or, on sait que ces trois métaux sont parmi ceux qui, ajoutés en quantité suffisante à un alliage fer-carbone assez riche de ce métalloïde, donnent naissance à des carbures. On pourrait donc avoir de cette façon une idée de la limite de la solubilité à l'état solide des métaux dans les alliages Fe-C, les carbures s'isolant, lorsque la saturation est atteinte, soit comme constituant de la perlite, soit comme constituant extra-eutectique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la distillation de la houille sous pression réduite*. Note de MM. **Amé Pictet** et **Maurice Bouvier**, présentée par M. Armand Gautier.

Plusieurs hypothèses, dont la plus connue est due à Berthelot, ont été émises pour expliquer la formation des constituants du goudron dans la distillation sèche de la houille; mais le mécanisme de cette formation n'a point été étudié expérimentalement. Afin d'acquérir quelques données à ce sujet, nous avons eu l'idée d'effectuer la distillation de la houille sous une pression très réduite et à une température aussi basse que possible. Nous opérions sur une houille grasse de Montrambert (Loire) donnant à la distillation ordinaire 15 à 18 pour 100 de matières volatiles non condensables et 15 à 20 pour 100 de produits condensables, dont 5 pour 100 de goudron.

L'appareil dont nous nous sommes servis est des plus simples; il consiste en une cornue verticale et cylindrique en fonte, d'une contenance de 10 litres environ, pouvant être hermétiquement fermée par un couvercle reposant sur un anneau de carton d'amiante et maintenu par de fortes pinces à vis. Cette cornue est entourée, à une distance de 3^{cm}, d'un manchon de tôle mince, que l'on peut chauffer extérieurement au moyen d'une série de brûleurs Bunsen disposés en couronnes superposées. Un tube abducteur, partant du couvercle, relie la cornue, d'abord à une série de récipients refroidis par un mélange de glace et de sel, puis à un manomètre, enfin à trois fortes trompes à eau permettant de produire et de maintenir dans tout l'appareil un vide de 15^{mm}-17^{mm}. La cornue une fois chargée de 3^{kg} à 5^{kg} de houille concassée en fragments de la grosseur d'une noix, et tous les joints lutés au moyen d'un mélange de talc et de solution concentrée de silicate de soude, on fait le vide et l'on chauffe graduellement jusqu'à 450°. Chaque distillation dure environ 5 heures, 30^{kg} de houille ont été mis en œuvre.

Les produits qui se condensent dans les récipients s'y séparent en deux couches: une solution aqueuse (environ 1,5 pour 100 du poids de la

houille) possédant une réaction *acide* et ne contenant *pas d'ammoniaque*, et un *goudron* spécial (environ 4 pour 100).

Ce dernier, qui nous a seul occupés jusqu'ici et que nous désignons sous le nom de *goudron du vide*, diffère essentiellement du goudron de houille ordinaire par ses propriétés et sa composition. Il est assez fluide, de couleur brun clair et plus léger que l'eau. Agité avec une solution diluée de soude caustique, il ne lui cède rien (absence de phénols). Les acides étendus lui prennent en revanche une notable quantité de produits basiques, parmi lesquels les bases secondaires semblent prédominer. Après ce double traitement, nous avons soumis le liquide à une série de distillations sous la pression ordinaire, en le fractionnant de 5 en 5 degrés. Il passe de 120° à 300°. Les fractions inférieures possèdent une odeur prononcée de pétrole et une légère fluorescence bleue; les fractions supérieures ont une odeur de terpènes et de menthol s'oxydant à l'air en se colorant en jaune. Toutes les fractions restent liquides après refroidissement et il ne se forme de dépôts cristallins dans aucune (absence de naphtaline, d'anthracène et d'autres hydrocarbures solides). Ayant soumis plusieurs d'entre elles à l'oxydation au moyen du permanganate de potasse, nous n'avons obtenu que des acides de la série grasse (acétique, propionique, butyrique, oxalique) et jamais aucun acide aromatique.

Ces caractères montrent que le goudron du vide ne contient pas ou presque pas de substances aromatiques. L'ensemble de ses propriétés le rapproche, en revanche, des *pétroles*, et spécialement du pétrole du Caucase. Il semble être, comme ce dernier, constitué surtout par un mélange d'hydrocarbures de la série hydro-aromatique.

Est-il permis de considérer le goudron du vide comme un produit intermédiaire de la distillation de la houille à la pression ordinaire, et peut-on admettre qu'il prend naissance en premier lieu dans les cornues à gaz lorsque celles-ci sont encore à une température inférieure à 450°, pour subir ensuite, lorsque cette température s'élève, une décomposition pyrogénée dont les produits sont ceux qui constituent le goudron habituel? Afin de vérifier cette hypothèse, et avant de pousser plus avant l'étude du goudron du vide, nous en avons distillé une centaine de grammes (non encore traités par la soude et les acides) dans un tube de fer chauffé au rouge vif. Afin de réaliser autant que possible les conditions des cornues à gaz, ce tube avait été au préalable, rempli de morceaux de coke. Les produits de cette seconde distillation ont été les suivants :

1° Une assez forte quantité de gaz (15^l-20^l). Ceux-ci possèdent l'odeur du gaz

d'éclairage, brûlent avec une flamme peu éclairante et sont formés surtout d'un mélange d'*hydrogène* et d'hydrocarbures saturés de la série du *méthane*. Il s'y trouve en outre un peu d'éthylène, mais pas d'acétylène.

2° De l'eau à réaction alcaline, fortement chargée d'*ammoniaque*.

3° Un goudron ayant l'aspect et l'odeur du goudron de houille ordinaire. Agité avec la soude diluée, il lui cède une forte quantité de *phénols;* les acides ne lui enlèvent en revanche que peu de substances basiques, à odeur de pyridine. Après ces deux lavages, nous avons soumis le liquide à une série de distillations fractionnées. Les fractions inférieures ont l'odeur des hydrocarbures benzéniques; les fractions supérieures cristallisent en partie. Nous avons pu facilement dans la fraction la plus basse (au-dessous de 100°) constater, par nitration et transformation en aniline, la présence du *benzène*. Les cristaux déposés dans la fraction 200°-220° ont été reconnus par leur point de fusion pour de la *naphtaline*, et ceux de la fraction supérieure à 300°, par leur transformation en anthraquinone, pour de l'*anthracène*.

Ce sont là les constituants principaux du goudron ordinaire. Leur absence ayant été dûment constatée dans le goudron du vide, la supposition que nous avons émise plus haut nous semble justifiée : l'hydrogène et le méthane du gaz d'éclairage, l'ammoniaque des eaux du gaz, les phénols et les hydrocarbures aromatiques du goudron, ne sont point, ou tout au moins ne sont point exclusivement, des produits immédiats de la décomposition pyrogénée de la houille. Ils ne prennent naissance qu'à une température élevée, par décomposition d'autres composés volatils plus compliqués et, en particulier, plus hydrogénés, qui se sont formés préalablement à partir de la houille dans une première réaction se passant à une température beaucoup plus basse. Il est possible d'isoler ces produits intermédiaires en opérant, comme nous l'avons fait, sous une pression réduite; leur mélange constitue notre goudron du vide.

Ce dernier formant les 4 pour 100 du poids de la houille employée, il est évident que notre interprétation s'applique à la majeure partie des produits formés.

Nous reconnaissons cependant qu'une certaine quantité, moins considérable, de ces mêmes produits pourrait avoir une origine différente et prendre naissance par exemple, conformément aux hypothèses de Berthelot, R. Meyer, Staudinger et d'autres, par condensation pyrogénée de carbures gazeux plus simples (acétylène, éthylène, butadiène, etc.).

L'étude du goudron du vide n'en présente pas moins un grand intérêt au point de vue de la genèse du goudron ordinaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le 6-aminopipéronal.* Note de MM. **Aug. Rilliet** et **L. Kreitmann**, présentée par M. Armand Gautier.

La préparation du 6-aminopipéronal, $CH^2\langle^{O}_{O}\rangle C_6H_2\langle^{CHO}_{NH^2}$, a déjà fait l'objet de plusieurs essais : Haber [1] a échoué dans la réduction directe du 6-nitropipéronal, Friedländer et Schreiber [2] ont obtenu par cette même réaction le méthylène-dioxyanthranile, $CH^2\langle^{O}_{O}\rangle C_6H_2\langle^{CH}_{N}\rangle O$; enfin Oertly [3] n'est parvenu à aucun résultat par l'application au 6-nitropipéronal de la méthode de réduction de Tiemann et Opermann.

Nous avons isolé le 6-aminopipéronal par réduction du 6-nitropipéronal au moyen du sulfure de sodium ; mais il nous a fallu pour cela utiliser une méthode indirecte qui permît de protéger le groupe aldéhydique à la fois contre une action secondaire du sulfure et contre une condensation avec le groupe aminé formé. Nous avons, dans ce but, condensé le 6-nitropipéronal avec des corps choisis de façon qu'une scission, après la réduction, conduise au 6-aminopipéronal lui-même par simple hydrolyse.

La *6-nitropipéronylidène-paratoluidine*, $CH^2\langle^{O}_{O}\rangle C_6H_2\langle^{CH=N-C_6H_4-CH^3}_{NO^2}$, s'obtient en chauffant à 120° un mélange équimoléculaire de 6-nitropipéronal et de paratoluidine, jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de dégagement de vapeur d'eau ; le corps est recristallisé dans l'alcool, filtré rapidement et desséché à l'abri de la lumière (rendement 75 pour 100). Il se présente sous la forme d'aiguilles jaune paille, longues et souples ; il s'altère à la lumière, en devenant rouge foncé ; il fond à 121°,5 et est soluble dans la ligroïne, le benzène, l'éther acétique, l'alcool, moins soluble dans l'éther.

On obtient de même la *6-nitropipéronylidène-para-anisidine* et la *6-nitropipéronylidène-orthotoluidine*. Le premier de ces corps cristallise dans l'alcool en paillettes jaune d'or très brillantes ; il est soluble dans l'éther acétique, le benzène, la ligroïne et l'alcool ; il fond à 125°,5. Le second

---

(1) *D. ch. G.*, t. XXIV, 1891, p. 625.
(2) *D. ch. G.*, t. XXVIII, 1895, p. 1385.
(3) *Thèse* 447 de l'Université de Genève, 1910, p. 30.

cristallise en petites aiguilles jaunes, réunies en houppes; il se colore lentement en rouge brique à la lumière; il est peu soluble dans la ligroïne et l'alcool, plus facilement dans le benzène; il fond à 128°.

La réduction de ces trois dérivés du 6-nitropipéronal donne, avec des rendements assez satisfaisants, les corps aminés correspondants.

La 6-*aminopipéronylidène-paratoluidine*, $CH^2\langle^{O}_{O}\rangle C_6H_2\langle^{CH=N-C_6H_4-CH^3}_{NH^2}$, est préparée en additionnant une solution saturée de 6-nitropipéronylidène-paratoluidine dans l'alcool bouillant, de sulfure de sodium en solution alcoolique diluée d'eau, à raison de $1^g,5$ de sulfure par gramme de dérivé nitré. Après refroidissement dans un mélange de glace et de sel marin, on recueille les cristaux sur un filtre et on lave à l'alcool, puis à l'eau, jusqu'à décoloration des eaux de lavage (rendement 54 pour 100). Ce corps cristallise dans l'alcool en paillettes jaune soufre; il est soluble dans l'éther, le benzène et l'éther acétique; il rougit en présence d'acides; il fond à 134°,5.

Le même procédé de réduction permet d'isoler la 6-*aminopipéronylidène-para-anisidine* et la 6-*aminopipéronylidène-orthotoluidine*. Le premier de ces corps cristallise dans l'alcool en paillettes nacrées jaune pâle, il fond à 162°. Le second cristallise dans la ligroïne en paillettes brillantes et fond à 106°.

L'hydrolyse de ces deux derniers composés n'a pas donné les résultats attendus et n'a été obtenue qu'avec la plus grande difficulté. Celle au contraire de la 6-aminopipéronylidène-paratoluidine s'est produite aisément avec l'eau à 100° en milieu légèrement alcalin. La facilité de cette hydrolyse semble résulter de ce que la paratoluidine est peu soluble dans l'eau alcaline, distille facilement avec les vapeurs d'eau et s'élimine ainsi à mesure qu'elle se forme, tandis que le 6-aminopipéronal ne distille pas avec les vapeurs d'eau.

Le 6-*aminopipéronal*, $CH^2\langle^{O}_{O}\rangle C_6H_2\langle^{CHO}_{NH^2}$, a été préparé de la façon suivante : la 6-aminopipéronylidène-paratoluidine en suspension dans l'eau légèrement alcaline est soumise à une ébullition prolongée; on filtre à chaud; l'aminopipéronal cristallise par refroidissement en longues aiguilles brunes qui sont recueillies, séchées et recristallisées dans un mélange de benzène et de ligroïne (rendement 74 pour 100). C = 58,08 pour 100; H = 4,50; N = 8,28. Calculé pour $C^8H^7O^3N$: C = 58,18; H = 4,24; N = 8,48. L'aminopipéronal cristallise en prismes très brillants jaune paille et fond

à 107°; il se dissout dans 77 parties d'eau bouillante; il est peu soluble dans le benzène, plus facilement dans l'alcool. Les acides le dissolvent en se colorant en rouge vif, les bases le reprécipitent.

Quelques dérivés nous ont permis de caractériser cette amino-aldéhyde.

Le bichlorure de mercure produit un précipité blanchâtre dans une solution d'aminopipéronal dans l'eau bouillante; le *sel double de mercure*, très peu soluble à froid dans l'eau, se présente sous la forme de petites aiguilles blanches, jaunissant assez facilement et se décomposant à 135° en noircissant.

Le chlorure de platine précipite l'aminopipéronal de sa solution chlorhydrique en une masse rouge vermillon non cristalline, pulvérulente à sec; cette poudre se décompose brusquement par la chaleur sans fondre.

Le 6-*benzoylaminopipéronal*, obtenu par la méthode de Schotten-Baumann, cristallise dans l'alcool en aiguilles jaune pâle, fondant à 187°,5.

Le 6-*acétylaminopipéronal* cristallise dans l'eau en longues aiguilles blanches et fond à 161°.

La *phénylhydrazone du* 6-*aminopipéronal*, cristallisée dans l'éther acétique, se présente sous la forme de paillettes nacrées incolores et fond à 222° en produisant des bulles gazeuses. Elle est très soluble dans l'acétone, moins soluble dans l'alcool et le toluène.

La *phénylhydrazone du* 6-*acétylaminopipéronal* cristallise dans l'alcool en aiguilles blanches qui fondent à 205°. Elle est presque insoluble dans le benzène, assez soluble dans l'alcool, l'éther acétique, l'acétone et le chloroforme.

Nous nous réservons de continuer l'étude des dérivés du 6-aminopipéronal et en particulier celle de ses dérivés nitrés et de ses produits de condensation avec les cétones et les aldéhydes.

BOTANIQUE. — *Contribution à la critique des expériences sur l'action de l'électricité atmosphérique sur les plantes.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. G. Bonnier.

J'ai en vue, dans cette Note, les expériences de culture sous cage isolante. Le principe de ces expériences se ramène à comparer deux plantes ou deux

groupes de plantes se développant, d'un côté, en plein air, de l'autre, sous une cage métallique. Grandeau trouve des différences de diverses sortes entre les plantes comparées et, en particulier, que les plantes sous cage subissent, dans leur évolution et dans leur développement, un retard et une diminution très notables, parce qu'elles sont soustraites à l'action de l'électricité atmosphérique ([1]). En revanche, Gaillot n'a pu apprécier la moindre différence entre les deux termes comparés. Il indique que c'est du côté de l'augmentation de l'évaporation, sous les influences électriques de l'atmosphère, que les recherches doivent être poursuivies ([2]).

J'ai tenté, cette année, de répéter ces essais, mais en complétant l'expérience par l'adjonction d'un troisième terme de comparaison : la culture sous cage non isolante. J'ai donc utilisé une cage en fil de fer galvanisé, une cage en fil de soie, ces cages ayant même dimensions dans l'ensemble, dans les mailles (40^{mm}) et dans le diamètre des fils (1^{mm}). Chaque expérience comprenait trois cultures en pots, aussi identiques que possible au début, une sous cage, la troisième en plein air.

Disons tout de suite que les cages sont assez différentes au point de vue électrique pour qu'un électroscope placé sous chacune d'elles ne soit pas influencé sous la cage de fer, alors qu'il est nettement influencé sous la cage de soie par un même bâton de verre électrisé par frottement.

Une première expérience a porté sur du Cresson alénois, d'avril à juillet, dans deux stations différentes. Elle n'a malheureusement rien fourni de précis par suite des conditions météorologiques un peu spéciales de cette période. Tout ce qui peut être retenu c'est que les cultures sous les cages ont conservé une attitude comparable de l'une à l'autre, mais différente de celle de la culture en plein air.

J'ai remplacé le Cresson alénois par le *Datura Tatula* dans une deuxième expérience qui a duré de juillet à septembre. Avant d'arrêter cette expérience, j'ai pris la photographie ci-jointe qui permet de voir, à gauche, la culture sous cage de fer; au milieu la culture sous cage de soie, à droite deux cultures témoins en plein air, et d'apprécier des différences assez marquées entre les cultures témoins et les cultures sous cage : les premières sont plus hautes et plus fournies que les secondes. Quant à celles-ci, leurs différences sont assez faibles et se compensent plus ou moins : sous cage de soie, le *Datura* est un peu plus haut, mais il est moins fourni que sous cage de fer.

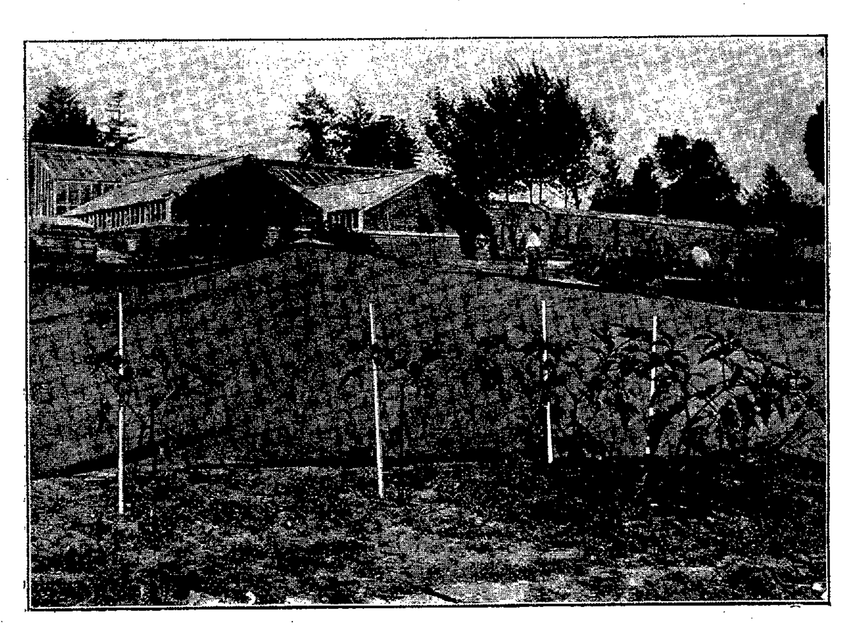
D'après cette expérience, on peut attribuer les différences à l'action des

([1]) GRANDEAU, *Influence de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des végétaux* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XVI, 1879).

([2]) GAILLOT, *Essais d'électroculture* (*Bull. de la Station agronomique de Laon*, 1906).

cages; mais on n'est pas en droit d'affirmer que les cultures en plein air sont mieux développées parce qu'elles sont soumises à l'influence de l'électricité atmosphérique, la culture sous cage de soie ne nous le permet plus.

En discutant l'action des cages, j'ai été amené à faire des expériences d'une autre forme pour chercher à la comprendre. Ces cages protègent les plantes ou leur nuisent de diverses manières; par exemple, elles entravent les mouvements de l'air autour d'elles, d'où modification plus ou moins



marquée dans les échanges gazeux de la respiration, de l'assimilation chlorophyllienne du carbone et de la transpiration. J'ai essayé de me rendre compte de l'ordre des différences que la cage peut provoquer dans l'évaporation ordinaire pour interpréter ce qui peut se produire dans la transpiration. Pour cela, j'ai fait un assez grand nombre d'expériences en mettant des cristallisoirs, contenant de l'eau, à évaporer sous des cages à mailles très différentes et à l'air libre pour les comparer. L'évaporation sous cage a toujours été plus faible qu'à l'air libre et d'autant plus faible que les mailles étaient plus étroites. Cela ne surprend personne; mais ce qui doit retenir l'attention c'est que, sous cage à petites mailles, pour une surface évaporante d'environ un décimètre carré, la diminution de l'évaporation, atteignant 10 pour 100 dans une petite salle du laboratoire et dans un air tranquille, dépassait 30 pour 100 au dehors sur une plate-forme, dans un air plus agité. Les cages utilisées dans mes cultures ont diminué elles-mêmes

l'évaporation de plus de 10 pour 100 dans l'air tranquille d'une grande salle et pour une surface évaporante d'un décimètre carré.

Ces modifications ne sont pas négligeables. En les appliquant judicieusement à ce qui se passe dans les plantes dont les surfaces de transpiration sont considérables, on comprendra comment les différences signalées par Grandeau et celles que rend la photographie ci-jointe peuvent se rapporter à d'autres causes que la seule influence de l'électricité atmosphérique, même en admettant que celle-ci intervienne véritablement.

BOTANIQUE. — *Fréquence des germes de rouille dans l'intérieur des semences de Graminées.* Note de M. **J. Beauverie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons, pendant l'été 1912, alors que la moisson était faite et les blés en meule, constaté l'existence de sores et de mycélium de rouille dans l'intérieur de grains de blé recueillis à peu près au hasard. Ces grains avaient été conservés dans des fixateurs et examinés assez tard, en septembre, alors qu'il était impossible de rechercher de nouveaux épis. En revanche, nous dirigeâmes notre attention sur les Graminées sauvages, développées à ce moment, et nous fûmes frappé de la fréquence de la présence d'organes conservateurs de rouille dans l'intérieur de la graine même. Nous avons publié ici nos premières observations ([1]). Aussi, lorsqu'arriva l'époque des moissons de la présente année (1913), ne manquâmes-nous pas d'examiner attentivement les céréales sur pied. Nos observations, comme l'an dernier, furent faites surtout aux environs de Beynost (Ain), où nous pûmes rayonner dans une zone assez large : des bords du plateau des Dombes jusqu'au Rhône, et d'Ambérieu jusqu'à Lyon (Jardin botanique), du 12 juillet jusqu'au 10 août et plus tard, les moissons ayant été tardives cette année.

Notre surprise fut plus grande encore qu'à l'automne dernier, de constater combien était importante la proportion de grains de céréales contenant du mycélium ou des sores de rouille. C'est sur cette fréquence que nous voulons insister aujourd'hui. Sans nous arrêter pour le moment aux Graminées sauvages, nous dirons quelques mots des Blés et de l'Orge vulgaire. Le cas de l'Orge est tout particulièrement intéressant et démonstratif.

([1]) *Comptes rendus*, séance du 5 mai 1913.

Pour reconnaître la présence de la rouille dans le Blé, il faut forcément faire des coupes minces, car le mycélium et les sores se trouvent plus ou moins profondément localisés dans le péricarpe et surtout dans le parenchyme du sillon qui ne laissent rien voir par transparence. Nous avons cependant pu retrouver dans des grains le mycélium et les sores que nous avions déjà signalés. Une cause d'erreur peut provenir de la pénétration de mycéliums étrangers à la rouille, tels que du mycélium de *noirs*, mais l'erreur devient impossible si l'on ne retient que les cas d'un mycélium assez fort, intercellulaire (sauf des suçoirs) et trouvé en connexion avec des sores à urédospores ou téleutospores. En dehors du cas où le mycélium et les sores se trouvent dans l'intérieur du grain, il faut signaler celui de l'existence de touffes d'urédospores qu'on rencontre assez fréquemment fortement adhérentes à la surface des grains et qui proviennent du contact de larges sores ouverts sur la face interne des glumelles. Ces touffes sont, le plus souvent, autour du hile ou dans les poils stigmatiques. C'est surtout le *Puccinia graminis* que nous avons observé dans le cas du Blé.

Le cas de l'Orge est beaucoup plus frappant et démonstratif que celui du Blé. Dans *tous* les champs d'orge que nous avons pu examiner dans la zone citée plus haut, les grains vêtus portaient les sores jaune de chrome, à urédospores, du *Puccinia glumarum*. Ces sores sont disposés en séries longitudinales entre les nervures et souvent contre elles, ils sont légèrement allongés. On les voit avec la plus grande facilité à l'œil nu, tant que le fruit est encore vert, leur couleur jaune les indiquant par transparence. Lorsque le grain mûrit, il se déshydrate, se ratatine un peu, jaunit, et les sores ne sont plus visibles pour quelqu'un de non prévenu. En réalité, ces sores se produisent à la face interne des glumelles, mais, par suite de la soudure de celles-ci avec le péricarpe, ils se trouvent dans l'intérieur du fruit et orientés vers le centre; leur cavité fait d'ailleurs souvent saillie dans le péricarpe.

Il s'agissait, dans tous ces cas, d'Orges vulgaires ou à six rangs; un petit semis, que nous avions fait spécialement d'Orge à deux rangs (Orge Chevalier) portait bien le *Puccinia glumarum* sur ses chaumes, mais les épis étaient restés indemnes.

On pourra objecter que la présence de *Puccinia glumarum* sur les glumes et même les glumelles est un fait qu'implique l'appellation même de cette espèce; sans doute, mais alors nous nous étonnerons que les auteurs n'aient pas mentionné et insisté sur la conséquence du fait consistant dans l'emprisonnement dans la semence de sores à urédospores souvent nombreux. Il

paraît certain que ce fait possède une importance primordiale au point de vue de la propagation des rouilles d'une année à l'autre, et il doit être, à ce titre, mis en évidence.

Les fruits vêtus de *Bromis mollis*, des *Agropyrum* nous ont montré des faits analogues, mais les sores ne se voient pas aisément à l'œil nu comme dans l'Orge.

Dans tous les cas où des grains de Graminées ont été contaminés par le mycélium de rouille, nous avons pu constater que ce mycélium ne pénètre jamais ni dans l'albumen, ni dans l'embryon. Il paraît arrêté dans sa progression vers ces organes par la couche membraneuse fortement cutinisée qui recouvre la couche à aleurone dans le cas des fruits nus et par les épidermes contigus de la glumelle et du péricarpe dans le cas des fruits vêtus. Ce n'est que lorsque cette *couche de protection* ou *de défense* vient à être rompue par une cause accidentelle que le mycélium et les bactéries peuvent pénétrer. C'est le cas de mentionner ici que de nombreux grains peuvent être lésés au *battage*, ces lésions étant autant de portes ouvertes aux mycéliums. Nous expliquerons ailleurs pourquoi nous ne croyons pas, malgré cela, que les germes de rouille du grain contaminent directement la plantule à la germination, mais que tout porte à admettre que les spores ayant hiverné dans le fruit sont *émises à l'extérieur*, au printemps, par décomposition des parois du péricarpe (fruit nu) ou des glumelles (fruit vêtu) et deviennent l'origine d'une première invasion.

Nous nous bornerons aujourd'hui à des conclusions relatives à la position des sores dans les fruits et à leur fréquence.

Les sores, dans les fruits des Graminées, sont toujours tournés vers l'intérieur. Lorsque le fruit est vêtu, les sores se forment sur la face supérieure ou interne des glumelles, et comme celles-ci sont adhérentes au fruit, les sores sont bien tournés vers l'intérieur (ex. : Orge, *Agropyrum*, etc.). Si le fruit est nu, les sores, comme s'il existait pour eux une finalité de protection, se forment encore dans l'intérieur du fruit, c'est-à-dire dans les tissus du sillon, ou dans le reste du péricarpe. De toutes façons, la déhiscence de ces sores est devenue impossible autrement que par destruction, décomposition des couches cellulaires qui les recouvre; cette destruction ne s'effectue qu'à la germination du fruit, par l'action de bactéries et autres agents de décomposition.

Enfin, la présence de germes de rouille dans les grains des Graminées (et cela nous a été plus facile de nous en rendre compte pour les grains vêtus qui permettent parfois de reconnaître par transparence les sores dans

le fruit) n'est pas une rareté sans intérêt pratique, mais bien au contraire un fait qui doit être de la plus grande importance au point de vue de la propagation des rouilles.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la physiologie de l'appendice cœcal. L'hormone du vermium.* Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une première Note sur le mécanisme de la fermeture du canal appendiculaire [1] nous avons cru démontrer l'indépendance anatomique et physiologique du vermium. Nous nous proposons, dans cette deuxième Note, d'étudier la fonction biochimique de cet organe.

Nous devons faire observer, tout d'abord, que l'opinion d'un certain nombre d'anatomistes, d'après laquelle l'appendice vermiculaire serait un organe de régression, est une supposition gratuite.

Nous rappellerons encore une fois que, dans toute l'échelle des Mammifères, de bas en haut (Ornithorynque, Échidné, Fourmilier, Didactyle, Damant, Wombat, Coala, *Lagomys pusillus*, Ogotanna, Orang-outang, Homme) et chez beaucoup d'Oiseaux il existe un et quelquefois deux appendices (*Home*, *Otto* d'après Carus). D'ailleurs Berry et Jack [2], Ellenberger [3] ont récemment montré que le vermium est un organe à texture cytoplastique de première importance, à tel point qu'on a pu l'appeler *amygdale intestinale*.

Nous nous sommes posé la question de savoir si l'appendice joue un rôle sécrétoire, et si l'acidité de cette sécrétion, signalée par Huschke, a une signification physiologique.

Technique expérimentale. — Nous avons pensé que, comme dans tous les hôpitaux on fait journellement l'ablation de tant d'appendices, que nous pourrions probablement trouver dans le nombre quelques organes très peu malades et quelquefois sains. En effet nous avons recueilli en quelques jours une dizaine de ces organes, enlevés à l'anasthésie localisée, d'après la méthode de M. le professeur Reclus [4] et dont l'examen macroscopique d'abord, histologique ensuite, a montré l'état à peu près normal.

Ces appendices, aussitôt enlevés, étaient plongés dans l'eau salée, dite *physiolo-*

(1) *Comptes rendus*, 26 août 1907, p. 468.

(2) *Journal of Anatomy*, t. XL, 2e Partie, p. IV.

(3) *Arch. für Anat. und Physiol.* Abt. XI, 1 et 2, p. 139-186.

(4) Nous insistons sur ce détail de la technique, car le chloroforme peut souvent altérer la vie cellulaire.

gique, ou dans une solution de Ringer et mis à l'étuve à 37°. Avec ce matériel nous avons exécuté trois séries d'expériences :

1° Introduction, dans le canal appendiculaire, d'albuminoïdes, d'hydrates de carbone, etc., tout en conservant l'organe dans le même milieu;

2° Raclage de la muqueuse, addition de quelques gouttes d'une solution à $\frac{1}{1000}$ de periodate de potasse pour la conservation et injection hypodermique aux animaux du laboratoire.

Résultats. — A. L'appendice cæcal sécrète un liquide franchement acide, qui persiste pendant plusieurs jours et révèle sa présence sur le papier tournesol. Cette acidité n'a rien à voir avec la fermentation acide des aliments dans l'intestin grêle, puisque l'organe vermiforme est lavé préalablement avec tous les soins nécessaires et ne contient aucune trace de liquide étranger.

B. L'action de cette sécrétion sur les albuminoïdes est nette, mais lente et très partielle. A côté d'une petite quantité de peptone on trouve le reste de l'albumine inattaqué.

Les hydrates de carbone subissent une transformation minime; le riz, les haricots blancs, etc. restent longtemps inchangés. La sécrétion acide ne les détruit pas.

C. L'injection de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} de la muqueuse raclée, glycérinée et aseptisée dans la mesure du possible produit nettement des contractions plus ou moins violentes dans le cæcum et le gros intestin. L'animal se met à expulser aussitôt des déjections solides et vide son gros intestin dans un court laps de temps; mais cette défécation n'est pas suivie de diarrhée. A l'autopsie nous avons trouvé le gros intestin à peu près vide, mais aucune lésion appréciable dans le canal intestinal.

Conclusions. — Il semble résulter de ces expériences que le liquide acide sécrété par l'appendice joue le rôle principal d'une *hormone* stimulant le cæcum pour provoquer ses contractions lentes et expédier ainsi les matières accumulées dans ce réservoir vers l'issue finale.

Les observations des médecins montrent déjà que la constipation et la stase cæcale sont précoces et permanentes chez les malades atteints d'appendicite.

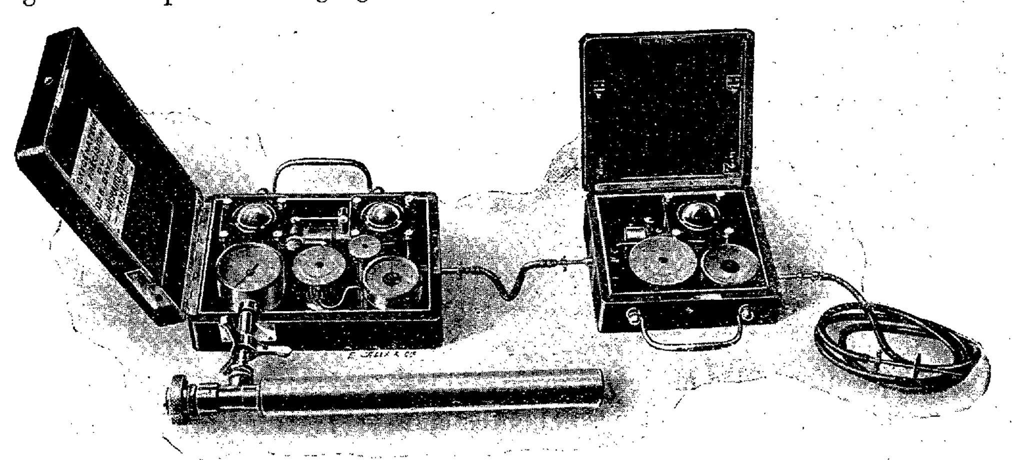
En résumé, l'appendice est un organe indépendant et utile dont la fonction physiologique devient de plus en plus évidente. Son ablation dans de nombreux cas douteux est un mauvais acte, puisque le gros intestin en souffre, et les malades restent inutilement *balafrés*, d'après l'expression vivante de Dieulafoy.

PHYSIOLOGIE. — *Nouveau distributeur micrométrique de gaz, destiné aux injections intraveineuses.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. E. Roux.

Une longue pratique des injections sous-cutanées d'oxygène m'a montré que la vitesse du débit ne doit pas dépasser 3^l à l'heure sous peine d'être douloureuse, et l'appareil qui me sert à les pratiquer (*Comptes rendus*, 20 novembre 1911) permet d'obtenir cette vitesse avec précision, ainsi que les vitesses voisines.

Lorsqu'il s'agit d'injecter des gaz dans les veines, il peut devenir nécessaire, pour rester au-dessous de la dose mortelle, comme je l'ai montré pour l'oxygène et l'acide carbonique (*Comptes rendus*, 28 avril et 15 mai 1913), d'employer des vitesses très réduites et de faire osciller les variations de débit autour de ces quantités minimes : ainsi, au lieu de compter comme pour les injections sous-cutanées en centimètres cubes à la minute, on peut avoir à compter en *centimètres cubes à l'heure*.

L'appareil que je présente répond à ce desideratum : il permet de fixer le débit du gaz à des vitesses comprises entre 0^{cm^3} et 120^{cm^3} à l'heure, avec une grande souplesse de réglage autour de 10 *centimètres cubes à l'heure*.



Oxygénateur de Raoul Bayeux, avec son distributeur micrométrique.

A gauche : l'oxygénateur avec son récipient; à droite : le distributeur micrométrique relié au précédent par un tube de caoutchouc.

Contenu dans une boîte peu volumineuse, il se compose de trois organes essentiels : un détendeur, un robinet distributeur et un manomètre destiné à indiquer la pression

du gaz dans le vaisseau où il pénètre. Un orifice reçoit le gaz à injecter, un second l'émet détendu et réglé.

Le gaz qui entre dans l'appareil ne doit posséder qu'une pression minime, en raison du faible débit avec lequel on doit l'employer : j'ai donc pensé à me servir de la détente déjà obtenue dans mon oxygénateur et à recueillir le gaz à la sortie de celui-ci. Pour cela, une tubulure spéciale, qui peut être mise en communication avec le second détendeur de l'oxygénateur, reçoit un ajutage sur lequel se branche un tube en caoutchouc qui débouche dans l'orifice d'entrée du micro-distributeur. Un robinet à trois voies, contenu dans le grand appareil, permet de diriger le gaz, soit vers la tubulure de grand débit pour les injections sous-cutanées, soit vers le micromètre.

Cet appareil est le complément de mon oxygénateur avec lequel il forme un tout qui permet de faire toutes les injections gazeuses, sous-cutanées ou intraveineuses, aussi bien chez l'homme que sur les animaux, même sur ceux de petite taille. Sa construction, comme celle du grand appareil dont il dépend, a été effectuée avec toute la perfection désirable par M. Jules Richard, de Paris. Les légères variations que peut présenter son débit sont fonction des variations de la température et de la nature du gaz sur lequel on expérimente : au moyen d'une éprouvette spéciale, on peut faire, en quelques instants, les corrections nécessaires.

PHYSIOLOGIE. — *Signes respiratoires de la fatigue.* Note (¹) de M. Jules Amar, présentée par M. A. Dastre.

Dans une Note précédente (²), l'analyse des phénomènes de la *circulation* nous a révélé quelques signes nettement en rapport avec les conditions d'un travail très dur, avec les limites physiologiques de la fatigue.

Il en est d'autres, non moins intéressants, dans le cours des phénomènes respiratoires. Nous les groupons comme suit :

1° Signes donnés par le tracé pneumographique;

2° Signes tirés des échanges gazeux pulmonaires.

Avant de passer à la mention des faits observés, et qui seront détaillés dans un Mémoire spécial, rappelons que ces expériences concernent le travail professionnel, en particulier la manœuvre du marteau de forge et les diverses formes courantes de la locomotion (marche, course à pied ou à bicyclette). Trois sujets, différents seulement par l'âge, mais également

(¹) Présentée dans la séance du 27 octobre 1913.

(²) Jules Amar, *Comptes rendus*, 13 octobre 1913.

robustes, y furent soumis, et assez longtemps pour que le travail les conduisît *visiblement* jusqu'à la fatigue.

Un pneumographe double, maintenu en place pendant toute la durée de l'expérience, donnait des tracés de respirations aisément comparables. D'autre part, au moyen d'un dispositif bien connu comprenant la *soupape* de M. Chauveau, nous mesurions les débits gazeux de la respiration toutes les deux minutes; l'analyse de ces gaz établissait la consommation d'oxygène et le quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O^2}$.

L'alimentation des personnes étudiées ne variait pas : une simple tasse de café bien sucré 2 heures avant les mesures. Toutefois, une circonstance s'était modifiée pendant nos recherches qui furent commencées avant les vacances : c'est la température extérieure qui oscilla entre 18° et 23°.

Ajoutons enfin que les volumes gazeux sont toujours ramenés à 0° et 760^{mm}.

Et voici maintenant les faits observés :

I. *Signes pneumographiques.* — Ce sont : la fréquence, l'amplitude, la forme des courbes.

a. Fréquence. — Elle augmente avec le travail, mais sans proportionnalité rigoureuse. Elle est en moyenne de 32 respirations par minute aux allures ordinaires de l'ouvrier.

Aux grandes vitesses, la fatigue se produit et met fin au travail à peine commencé, soit en 4 minutes tout au plus. La fréquence des respirations est alors voisine de 40.

Il est remarquable qu'entre certaines limites de vitesse, le retour à l'état de repos s'effectue d'autant plus vite que la même quantité de travail a été produite plus rapidement. Ce résultat s'accorde avec notre *loi du repos*, développée dans les *Comptes rendus* de 1910-1911.

b. Amplitude. — Elle augmente aussi avec le travail; les respirations sont de plus en plus profondes, cela, quand on n'atteint pas à une vitesse excessive; elles sont à peine deux fois plus profondes qu'au repos.

Mais, si le travail est poussé jusqu'à la fatigue, ainsi définie comme limite extrême d'une activité continue, si les allures adoptées sont extrêmement rapides, l'amplitude des respirations diminue peu à peu et diverses irrégularités se manifestent, que nous indiquerons plus loin.

c. Forme des courbes. — L'expiration a généralement une durée plus grande que l'inspiration : ce *rapport*, $\frac{\text{expiration}}{\text{inspiration}}$, augmente par le travail; en d'autres termes, l'inspiration se fait de plus en plus brusque et l'expiration relativement lente, prolongée par un plateau de convexité croissante. Ce plateau, qui au repos est horizontal, montre, en devenant convexe, que l'expiration est violente et développe une pression graduellement élevée. A l'extrême fatigue, cette convexité est très marquée, tandis

que l'amplitude des courbes a diminué, devenant parfois inférieure à celle de l'état de repos.

En outre, les pneumogrammes de fatigue sont loin d'avoir la parfaite régularité de ceux qui s'observent en travail modéré : la branche expiratoire est accidentée, brisée, ondulée, bosselée, c'est-à-dire que les gaz ne s'éliminent des poumons que par des poussées et saccades, et comme si toute la cage thoracique vibrait. Les courbes d'un tracé sont d'ailleurs inégales, dissemblables, tantôt petites et précédant une large et profonde respiration, tantôt augmentant légèrement d'amplitude. De telles irrégularités sont frappantes et instructives.

II. *Signes tirés des échanges gazeux.* — Dans un travail modéré, poursuivi pendant 4 à 6 heures sans interruption, si la puissance développée ne se modifie pas, le *débit respiratoire* augmente *régulièrement* et atteint un régime à la deuxième heure.

Si le travail est très dur, par excès d'effort ou de vitesse, le débit respiratoire est irrégulier, avec des hauts et des bas accentués, mais il est généralement croissant, même jusqu'à l'essoufflement.

La consommation d'oxygène suit à peu près une marche analogue.

Le quotient respiratoire s'élève progressivement, sauf à la limite de la fatigue où il *fléchit momentanément* pour reprendre ensuite une valeur constante; ce fléchissement a lieu à des moments variables suivant la nature du travail.

Quelques-unes de ces observations avaient été déjà faites par nous antérieurement ([1]) sur de très nombreux ouvriers.

Conclusion. — La proportionnalité du nombre des respirations et de leur amplitude à la quantité de travail existe, sans être rigoureuse, aux faibles puissances. Les phénomènes respiratoires sont alors réguliers et uniformes.

Mais aux puissances qui fatiguent les muscles et en arrêtent le fonctionnement, le rythme des respirations s'élève rapidement; celles-ci diminuent d'amplitude, deviennent irrégulières et saccadées, la période expiratoire est bien plus longue que la période inspiratoire; la ventilation pulmonaire croît sans cesse jusqu'à l'essoufflement, et le quotient respiratoire subit, à ce moment-là, un fléchissement passager caractéristique.

PHYSIOLOGIE. — *Le mécanisme de l'anaphylaxie.*

Note ([2]) de M. **L.-C. Soula**, présentée par M. A. Dastre.

Dans des recherches antérieures (*Comptes rendus*, séance du 21 avril 1913, t. 156, p. 1258), j'ai montré que, conformément aux vues de MM. Abelous et Bardier, les centres nerveux sont bien le siège d'une dégénérescence partielle à la suite d'une injection d'antigène (urohypotensine et oval-

([1]) Jules Amar, *Comptes rendus*, 17 octobre et 14 novembre 1910.

([2]) Présentée dans la séance du 27 octobre 1913.

bumine). Cette dégénérescence s'accuse par un accroissement des produits d'autolyse des substances protéiques.

Mes recherches actuelles ont eu pour objet de mettre en lumière une autolyse semblable du côté des substances grasses et lipoïdiques, qui aboutit à la libération de savons en grande quantité dans la substance nerveuse et dans le sang.

J'ai dosé les savons par la méthode de Hoppe-Seyler.

Voici les résultats obtenus (exprimés en milligrammes) :

	Sang (pour 1000g).		Coefficient de saponification p. 100 ([1]).	Cerveau (p. 100g).		Coefficient de saponification p. 100 ([1]).
	Savons.	Graisses et lipoïdes.		Savons.	Graisses et lipoïdes.	
Chien normal	166 mg	3666 mg	4	420 mg	1500 mg	28
Chien ayant reçu 0g,015 d'urohypotensine par kilogramme, sacrifié le 21e jour	298	9300	3	1300	2750	50
Lapin normal	233	»	»	251	»	»
Lapin ayant reçu 0g,05 d'urohypotensine par kg. sacrifié le 5e jour	571	5820	10	625	6875	9
» 10e »	278	4300	6	200	7375	3
» 15e »	786	4060	19	2284	3700	77
» 20e »	770	2200	35	2630	1988	130
» 25e »	428	1720	25	1380	2300	60
» 45e »	560	9220	6	611	8500	7

On peut constater, par l'examen de ce Tableau, que la période de sensibilité anaphylactique s'accompagne d'une modification profonde dans la composition de l'extrait éthéré, caractérisée par l'apparition de savons en quantité considérable.

Il est permis de se demander, en présence de la sensibilisation des animaux vis-à-vis de l'urohypotensine par une injection préalable de savons alcalins, si l'action anaphylactigène du suc d'autolyse cérébrale, démontrée par MM. Abelous et Bardier, n'est pas due à la présence de savons en excès dans le sang et les centres nerveux.

Si l'on se rappelle que, comme l'ont montré ces auteurs, la décalcification des centres nerveux les rend particulièrement sensibles à l'action de l'urohypotensine d'une part, et que, d'autre part, les savons sont des agents décalcifiants très énergiques, on peut à bon droit supposer que la sensibilité anaphylactique est en grande partie la conséquence de cette saponification exagérée.

([1]) J'appelle *coefficient de saponification* le rapport des savons à l'extrait éthéro-alcoolique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence d'une nouvelle diastase, la salicinase, dans les amandes*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **A. Compton**, présentée par M. E. Roux.

La préparation diastasique retirée des amandes et souvent encore désignée sous le nom primitif mais impropre d'*émulsine* n'est pour ainsi dire plus envisagée aujourd'hui comme une substance unique; de nombreuses recherches tendent plutôt à la faire considérer comme un mélange de plusieurs diastases; si elle hydrolyse divers glucosides, tels que l'amygdaline et la vicianine, c'est, pense-t-on, à cause de l'amygdalinase et de la vicianinase qu'elle renferme; si elle porte aussi son action sur des saccharides, comme le saccharose, le vicianose et le cellose, c'est par suite de la présence simultanée de la sucrase, de la vicianase et de la cellase.

Nous avons, à l'occasion de nos recherches sur l'hydrolyse totale de la salicine par la préparation diastasique d'amandes ([1]), étudié de très près les conditions de cette hydrolyse. Les résultats auxquels nous sommes parvenus font ressortir un degré de complication des propriétés de l'émulsine plus grand encore que celui auquel nous venons de faire allusion.

Nos études ont porté sur deux caractères fondamentaux et d'ordre différent : la température optimale et la réaction optimale.

Il a été démontré antérieurement que la température optimale d'une même espèce de diastase, espèce définie par son action chimique, peut varier beaucoup avec l'origine biologique et que, d'autre part, loin d'être une sorte de constante, comme on l'admet d'habitude, la température optimale est, au contraire, fortement influencée par la durée des expériences. D'où il résulte que la détermination de la température optimale ne peut servir à différencier que les espèces diastasiques contenues dans une même préparation et si l'on opère dans des conditions comparables ([2]). Des observations analogues ont été faites à propos de la réaction optimale ([3]).

Nous avons tenu compte dans nos expériences des unes et des autres de ces observations. Nous nous sommes servis de la préparation d'amandes déjà utilisée dans nos recherches comparatives sur l'amygdalinase, l'amyg-

---

([1]) Gabriel Bertrand et A. Compton, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1646.

([2]) Gabriel Bertrand et A. Compton, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1518.

([3]) Gabriel Bertrand, M. et Mme Rosenblatt, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 837 et t. 156, 1913, p. 261.

dalase et la cellase (¹) et nous avons, dans les nouvelles recherches comme dans les précédentes, opéré sur la quantité de diastase capable de dédoubler, à la température optimale, environ les $\frac{2}{3}$ du glucoside dissous à la même concentration moléculaire. Pour des raisons de commodité datant des premières recherches, cette concentration était d'une molécule-gramme dans $27^l,36$ d'eau pure.

La quantité convenable de diastase a été trouvée par tâtonnements : elle était de 8^{mg} dans les expériences de 2 heures et de $1^{mg},3$ dans celles de 15 heures. La salicine a été soigneusement purifiée : on en a pris 209^{mg} dans chaque expérience, le volume de l'eau étant de 20^{cm^3}. Enfin, la proportion de glucoside dédoublé a été évaluée en dosant le pouvoir réducteur.

Nous avons trouvé, en construisant la courbe représentative des résultats ainsi obtenus, que la température la plus favorable à l'hydrolyse de la salicine par notre préparation diastasique d'amandes était voisine de $+52^\circ,5$ dans les expériences de 2 heures et de $+42^\circ,5$ dans celles de 15 heures. Ce sont là des conditions optimales de température relativement basses par rapport à celles des autres actions diastasiques de la même préparation.

Pour déterminer la réaction optimale, nous avons opéré de la même manière, mais en remplaçant une proportion plus ou moins grande d'eau pure par une solution très étendue et titrée de soude ou d'acide sulfurique. Nous avons fait deux séries d'expériences, la première, d'une durée de 2 heures, au voisinage de $+52^\circ,5$, et la seconde, d'une durée de 15 heures, au voisinage de $+42^\circ,5$.

Dans l'une comme dans l'autre de ces deux séries d'expériences, nous avons observé que la réaction du milieu la plus favorable au dédoublement diastasique de la salicine est à peine plus acide que celle donnée par la préparation d'amandes dans l'eau pure. La quantité d'acide sulfurique qu'il a fallu ajouter pour obtenir la réaction optimale était extraordinairement petite, puisqu'elle correspondait à $0^{cm^3},375$ de solution centinormale dans les expériences de 2 heures, où il y avait 8^{mg} de diastase, et à $0^{cm^3},06$ seulement dans celles de 15 heures, où il n'y avait que $1^{mg},3$ de diastase. On remarquera que ces chiffres sont sensiblement proportionnels entre eux.

Si l'on compare maintenant ces résultats avec ceux que nous avons déjà publiés (²), on voit que la température et la réaction du milieu qui favo-

(¹) *Comptes rendus*; t. 151, 1910, p. 402 et 1076; t. 152, 1911, p. 1518; et t. 153, 1911, p. 360.

(²) *Loc. cit.*

risent le mieux l'activité de la préparation d'amandes vis-à-vis de la salicine sont nettement différentes de celles qui conviennent à la décomposition la plus rapide des autres hydrolytes étudiés au même point de vue : l'amygdaline et le cellose, par exemple.

En examinant l'action des préparations diastasiques retirées des feuilles et de l'écorce de plusieurs espèces de saules et de peupliers, Sigmund avait observé, en 1909, que ces préparations attaquaient la salicine mais non l'amygdaline et il avait attribué ce résultat à l'existence d'une diastase particulière [1]. Cette conclusion a été critiquée par H. Armstrong, F. Armstrong et Horton qui, cependant, ont été conduits à envisager à leur tour la possibilité de l'existence d'une diastase spécifique de la salicine [2].

Les faits que nous venons d'étudier, rapprochés de ceux publiés par Sigmund, par F. Armstrong et par ses collaborateurs, s'expliquent le plus simplement en admettant la présence, dans les amandes, d'une nouvelle diastase, la salicinase, à côté de toutes celles qu'on y a déjà signalées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Des sels dans la coagulation du sang.* Note de M. C. GESSARD, présentée par M. E. Roux.

J'ai poursuivi l'étude de l'action des sels sur la coagulation du sang. Les résultats que j'en rapporte ne concernent, à vrai dire, qu'une espèce animale et peuvent être encore par ailleurs entachés de contingence. Du moins ils sont dérivés d'une technique invariable, qui permet de les comparer et qui doit servir à les reproduire. Aussi exposerai-je d'abord cette technique avec quelques faits qui sanctionnent la nécessité de l'appliquer strictement.

I. De la jugulaire du cheval le sang est reçu dans la solution saline du volume de 25^{cm^3} jusqu'à concurrence de 100^{cm^3} pour le volume total. C'est des 25^{cm^3} aqueux que doit s'entendre la saturation par un sel donné et le pourcentage se rapporte au mélange du sang et de la solution saline. Par suite de ce mélange, il y a ou il n'y a pas coagulation.

Le volume d'eau où le sel est dissous a une grande importance. Si, au lieu de 25^{cm^3}, on emploie seulement 5^{cm^3} d'eau, le volume de sang porté de ce fait à 95^{cm^3}, avec NaFl

(1) *Monatsh. f. Chemie*; t. XXX, 1909, p. 77.
(2) *Proceed. Roy. Soc.*, B. t. LXXXV, 1912, p. 363.

par exemple, $0^g,07$ suffisent à empêcher la coagulation, tandis que $0^g,10$ sont nécessaires dans le premier cas. Avec $C^2O^4Na^2$, $0^g,054$ empêchent la coagulation sous 5^{cm^3} et non sous 25^{cm^3} d'eau. En général, moins il y a d'eau, moins il faut de sel pour obtenir un plasma.

Le plasma obtenu, spontanément incoagulable, peut être amené à coaguler, selon l'espèce et selon la quantité du sel dont il est issu, ou par dilution, ou par addition d'un sel de calcium, ou par addition de sérum. On attend 48 heures pour l'essayer à ce point de vue.

Du délai adopté dépend l'effet obtenu. Après 48 heures par exemple, un plasma à $2^g,50$ de $MgCl^2$, 6 aq., coagule par dilution et après 5 jours ne coagule plus. D'autre part, le temps est influencé par la proportion de sel. A ce terme de 5 jours, où ne coagule plus le plasma à $2^g,50$, le plasma à 2^g reste coagulable, et même plus tard encore. En général, la durée de coagulabilité d'un plasma est en raison inverse de la quantité de sel que contient ce plasma.

Pour savoir à quelle sorte on a affaire, le plasma spontanément éclairci par le repos de 48 heures, décanté, est mis, à la dose de 1^{cm^3}, dans 4^{cm^3} d'eau distillée, d'une part; d'autre part, dans un égal volume d'eau distillée, additionné d'une goutte d'une solution au dixième de $CaCl^2$, 6 aq.

Si aucun des deux essais n'a coagulé après 24 heures, on mélange, en dernier lieu, 1^{cm^3} de plasma avec 4^{cm^3} d'eau distillée et 1^{cm^3} de sérum provenant d'une coagulation de sang normale et récente. La coagulation, dans ce cas comme dans les précédents, peut demander plus de 24 heures : aussi les tubes d'essai sont gardés en observation quelque temps au delà.

II. Au regard de l'action sur le sang, $Na^2Bo^4O^7$, 10 aq. doit être mis à part des autres sels. A saturation, il n'empêche pas la coagulation. A diverses reprises, j'ai vu qu'elle se produisait encore avec 50^{cm^3} de solution saturée, soit à égalité de volume avec le sang.

Pour la plupart des sels, la dose-limite compatible avec la coagulation est comprise sensiblement entre $1^g,50$ et 2^g pour 100. Elle peut atteindre 3^g pour NaCl et $CaCl^2$, 6 aq., 4^g pour $KAzO^3$, 5^g pour Na^2SO^4, 10 aq. Au contraire, elle est fortement abaissée avec $C^2O^4Na^2$, $0^g,055$; NaFl, $0^g,09$.

1° Pour donner des plasmas coagulables par simple dilution, viennent en première ligne NaCl, K^2SO^4, $KAzO^3$, sans acception de dose. Même à saturation, ces sels n'ont que ce seul effet. Cet effet est, au contraire, borné sensiblement :

Pour :	Entre :
$(AzH^4)^2SO^4$	2g et 4
Na^2SO^4, 10 aq	6 et 9
$MgCl^2$, 6 aq	1,5 et 2,5
$MgSO^4$, 7 aq	1,8 et 3,4

Les alcalino-terreux peuvent atteindre :

$CaCl^2$, 6 aq	6g
$BaCl^2$, 2 aq	6 à 7
$SrCl^2$, 6 aq	10

2° Les plasmas, dont la coagulation nécessite l'addition de calcium à la dilution, comprennent les catégories suivantes :

a. Sels ci-dessus mentionnés, seulement employés à plus forte dose :

	Entre :		
$(AzH^4)^2SO^4$	5g	et	8g
Na^2SO^4, 10 aq	10	et	14
$MgCl^2$, 6 aq	3	et	5
$MgSO^4$, 7 aq	3,5	et	7,5

D'autre part, les plasmas à doses moindres de ces mêmes sels, que nous avons vus en 1° coaguler par simple dilution, perdent cette propriété avec le temps, mais peuvent alors coaguler par addition de sel de calcium.

Tel est le cas du plasma à 2g,50 de $MgCl^2$, 6 aq., mentionné en I comme ne coagulant plus par simple dilution après 5 jours; il coagule, si l'on ajoute à la dilution une goutte de solution de $CaCl^2$, 6 aq. au dixième. J'ai noté le même fait dans un plasma à 5g de Na Cl au bout de 11 jours [1].

b. $(C^6H^5O^7, Na^3)^2$, 11 aq.

qui se distingue des sels précédents par le faible poids sous lequel il agit (dès 0g,18) et aussi parce que, à aucun degré, il ne donne de plasma coagulable par simple dilution.

c. En plus de ces mêmes propriétés, les sels qui viennent ensuite possèdent encore la propriété de précipiter les sels de calcium, d'où a pris naissance la théorie de la coagulation qui subordonne celle-ci à la présence de calcium dans les milieux coagulables. Ce sont les oxalates et fluorures alcalins :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1241.

	A partir de
$C^2O^4Na^2$	$0^g,06$
$NaFl$	$0^g,10$

et aussi

$NaPO^3$	$0^g,20$
Na^2CO^3 anhydre	$0^g,50$

3° Les plasmas qui ne coagulent que par l'addition de sérum correspondent à une dose de sel immédiatement supérieure à la dose-limite de coagulation par sel de calcium. C'est, par exemple,

$MgCl^2$, 6 aq	6^g
$MgSO^4$, 7 aq	8^g

Mais il n'y a pas lieu d'insister : c'est à l'élément emprunté, au sérum que se rapportent désormais la coagulation et l'action des sels.

Notons encore que cette sorte de plasma est aussi l'aboutissant des plasmas qui ont coagulé d'abord par sel de calcium et qui ont pu perdre cette propriété avec le temps.

Par exemple, le plasma à $2^g,50$ de $MgSO^4$, 7 aq., que nous avons vu coaguler après 48 heures par simple dilution, après 5 jours par addition de calcium, ne coagulait plus que par addition de sérum après 7 jours de conservation dans le flacon de récolte, bouché à l'ouate.

En résumé, dilution, addition de calcium, addition de sérum correspondent à autant de phases de la décroissance progressive de la coagulabilité des plasmas, et ces phases se succèdent identiques dans la série des plasmas originaires d'un même sang sous l'influence des doses croissantes de sel et dans un plasma de taux salin déterminé sous l'influence du temps.

Les sels de magnésie, chlorure et sulfate, sont les mieux appropriés à l'étude de ces phénomènes : ils ne précipitent pas les sels de calcium, ne donnent pas de réaction apparente avec les constituants salins du sang et, pour de faibles différences de poids, permettent d'obtenir les différentes sortes de plasmas.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absorption des rayons visibles par le sang de Poulpe.* Note de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Yves Delage.

Quelques observations spectrophotométriques que j'ai eu l'occasion d'effectuer cet été au Laboratoire de Roscoff me permettent d'apporter un

complément et une confirmation à l'intéressante Note de MM. Dhéré et Burdel ([1]) sur l'absorption des rayons visibles par les oxyhémocyanines.

J'ai opéré sur du sang de Poulpe examiné sous deux états : 1° le sang brut, tel qu'il est recueilli au sortir de l'aorte, et qui se comporte comme un complexe assez trouble, opalescent, diffusant fortement les rayons bleus par les diverses hétérogénéités qu'il contient (amœbocytes, granules précédant la coagulation, etc.), et par conséquent médiocre pour l'examen spectral; 2° le sang centrifugé immédiatement après sa prise, et devenu alors une solution d'un bleu très sombre absolument limpide, représentant une solution impure d'oxyhémocyanine ([2]).

L'examen spectroscopique direct du sang centrifugé, sous 1^{cm} d'épaisseur, met en évidence une forte bande indiscutable dans la région jaune verte, la région bleue du spectre paraissant bien dégagée, alors que la région rouge l'est beaucoup moins. L'examen du sang brut, au contraire, montre une inversion de ces rapports : le rouge paraissant avoir cette fois le maximum de transparence, alors que le bleu semble relativement beaucoup plus obscurci. Le maximum d'absorption paraît encore localisé à la région jaune verte.

Une série de mesures, pratiquées avec un spectrophotomètre du type Glan (de Schmidt et Hænsch) permet de compléter et de préciser ces données :

1° *Sang centrifugé.* — La solution bleue résultant de la centrifugation du sang de plusieurs Poulpes, amenée au maximum d'oxygénation par agitation à l'air, est passée au spectrophotomètre sous deux épaisseurs (15^{mm} et $9^{mm},5$), d'abord pure, ensuite diluée à l'eau distillée. Les coefficients de transparence T obtenus (et définis par la relation $I = I_0 T^e$, I_0 étant l'intensité lumineuse à l'entrée de la solution, et I à la sortie, après une traversée d'épaisseur e millimètres) montrent une forte bande dont le sommet est très voisin de $\lambda\, 573^{m\mu}$ (*fig.* 1), et l'amorce d'une seconde bande débutant vers $\lambda\, 480^{m\mu}$, qui est probablement la base de celle déjà décrite par Dhéré ([3]) sur $\lambda\, 345^{m\mu}$. Le maximum de transparence est ici vers

---

([1]) Dhéré et Burdel, *Comptes rendus*, séance du 6 octobre 1913.

([2]) Je rappelle que l'oxyhémocyanine est le seul pigment du sang de Poulpe oxygéné; si elle n'est peut-être pas la seule substance protéique de ce sang, elle représente vraisemblablement la presque totalité de ses albuminoïdes (Nolff); le sang centrifugé ne contient donc, en quantité notable, comme substances autres que l'oxyhémocyanine, que des corps (sels) dont l'influence sur les rayons visibles est à peu près négligeable à côté de celle du pigment, dans l'ordre des approximations des mesures.

([3]) Dhéré, *Recherches spectrographiques sur l'absorption des rayons ultraviolets par les albuminoïdes*, Fribourg, 1909.

$\lambda 475^{m\mu}$. Les valeurs ci-dessous représentent des valeurs moyennes de T, ramenées à un *sang centrifugé pur moyen* fournissant à la dessiccation un résidu total de 9,7 pour 100 en poids. Ces valeurs résultent d'un nombre total d'environ 180 mesures.

TABLEAU I (*fig.* 1).

λ.	T.	λ.	T.	λ.	T.
$672^{m\mu}$	$77,3.10^{-2}$	$591^{m\mu}$	$63,8.10^{-2}$	$564^{m\mu}$	$62,4.10^{-2}$
650	71,9	589	62,5	559	63,0
601	64,0	585	61,3	550	65,0
599	64,0	582	61,3	526	71,6
597	62,8	578	61,2	500	77,1
595	63,2	575	60,1	475	79,3
593	63,1	568	60,9	450	65,6

Réduction. — Il est d'observation banale que la réduction décolore le sang de Poulpe, qui peut être recoloré ensuite par agitation à l'air.

Un examen spectrophotométrique sommaire pendant l'addition lente d'hydrosulfite de sodium en poudre à du sang centrifugé, montre la disparition graduelle des bandes, sans qu'on puisse trouver aucun indice net de modification spectrale autre que celle résultant d'une diminution progressive de concentration en oxyhémocyanine. Dans une telle opération, l'évanouissement de la bande 573 paraît se faire plus vite que celui du début de la bande violette, visible la dernière, et qui est probablement beaucoup plus forte.

2° *Sang brut.* — L'examen spectrophotométrique du sang brut, qu'il a été convenable de diluer à l'eau distillée pour les mesures, corrobore les indications qualitatives données plus haut. Les coefficients de transparence, ramenés à une concentration comparable à celle du sang centrifugé précédent, coïncident approximativement avec les coefficients de celui-ci pour les λ supérieurs à 580 environ : mais pour les λ inférieurs, la coïncidence existe de moins en moins, vraisemblablement en raison de l'erreur systématique qu'introduit l'élimination indiscutable des courtes radiations par diffusion ou diffraction. Quelques mesures de T, réduites pour la comparaison avec le sang centrifugé du Tableau I, montrent l'allure du phénomène.

Tableau II.

λ.	T.	λ.	T.	λ.	T.
672 $^{m\mu}$	79.10^{-2}	589 $^{m\mu}$	63.10^{-2}	500 $^{m\mu}$	60.10^{-2}
650	72	550	63	450	4 (2)
601	73	526	61		

La considération du rapport $\frac{T_{650}}{T_{500}}$ qui est > 1 dans le sang total et < 1 dans le sang centrifugé, rend bien compte de ces différences. La couleur objective du sang de Poulpe dans son état naturel paraît donc être une résultante complexe de la superposition de deux phénomènes physiques indépendants, un phénomène d'absorption dépendant de la molécule d'oxyhémocyanine même, et un phénomène intense de diffusion (analogue à celui du « bleu Tyndall »), dépendant de l'état physique actuel du sang, et qui se trouve agir précisément sur les radiations les plus respectées par le pigment.

La conséquence pratique de ces observations est donc que tout dosage spectrophotométrique de l'oxyhémocyanine dans le sang total devra porter, pour éviter toute erreur systématique, sur les grandes longueurs d'onde (de préférence entre $600^{m\mu}$ et $650^{m\mu}$).

SISMOLOGIE. — *Sur les effets au Maroc du grand tremblement de terre en Portugal* (1755). Note de MM. **Louis Gentil** et **Pereira de Sousa**, présentée par M. A. Lacroix.

Le mégasisme du 1er novembre 1755, dont les effets à Lisbonne ont eu un grand retentissement, s'est également fait sentir au Maroc, ainsi qu'en

témoignent la plupart des Ouvrages historiques sur le Maghreb, publiés dans la deuxième moitié du XVIII[e] siècle et au début du XIX[e] siècle.

Il a semblé à l'un de nous que des documents originaux écrits immédiatement après ce cataclysme pourraient jeter quelque lumière sur la propagation des ondes sismiques et leurs effets destructeurs au Maroc. A cet effet, des recherches ont été faites spécialement dans les Archives nationales du Portugal, recherches analogues à celles qui avaient déjà contribué à préciser la propagation du raz de marée de cet important séisme (1).

Les renseignements ainsi recueillis portent sur les principales villes marocaines. On peut les résumer brièvement, comme suit, en appréciant l'intensité du phénomène à l'aide de l'échelle de Mercalli.

Ceuta-Tétouan. — Alarme générale, peu de dégâts, quelques murs lézardés (VII).

Tanger. — Secousse ruineuse, raz de marée, la mer monte à une grande hauteur; victimes (VII-IX).

Arzila. — Ébranlement très violent; édifices en ruines; raz de marée mettant au plein, au cœur de la ville, un navire anglais; nombreuses victimes (X).

Larache et *Mamora* (Mehdiya). — Mêmes effets qu'à Arzila (X).

Fez. — Les dégâts sont énormes : l'hospice et l'infirmerie catholiques sont complètement détruits; il en est de même de la plupart des maisons de la ville. Le nombre des victimes est considérable (X).

Meknès. — Les nombreux documents relatifs aux effets du mégasisme du 1[er] novembre 1755 dans cette ville (2) s'accordent à dire qu'ils ont été très désastreux.

La plupart des édifices, comme le couvent catholique, ont été détruits. Le nombre des victimes a été considérable.

A 40[km] de la ville des crevasses se sont produites dans lesquelles auraient disparu des animaux, voire même des gens d'un petit village (X).

Rabat-Sale. — Effets comparables à ceux de Meknès. Crevasses qui auraient occasionné la perte d'une partie d'une caravane qui sortait de la ville se dirigeant sur Marrakech. Ces phénomènes ont été compliqués des effets destructeurs d'un fort raz de marée qui a fait périr, vers l'embouchure de l'Oued-Bou-Regreg, plus de 200 Maûres qui passaient le fleuve (X).

Mazagan. — Ici les effets du mégasisme sont réduits à quelques lézardes dans les édifices, sans aucune victime. Alarme générale. Un raz de marée a défoncé les

---

(1) F.-L. PEREIRA DE SOUSA, *Effeitos do terremoto de 1755 nas construcções de Lisboa*, 1909. *Le raz de marée du grand tremblement de terre de 1755 en Portugal* (*Comptes rendus*, t. 152, 24 avril 1911, p. 1129-1131).

(2) *Carta escripta pelo Padre Guardião do Convento de Mequinez*, impressa em Lisboa em 1756 (*Archiv. nacion. Lisboa*). Etc.

portes de la ville donnant sur la mer, inondant la grande place et faisant 3 victimes (¹) (VI-VII).

Safi. — Graves effets de destruction, nombreux morts. Fort raz de marée. Il est malheureusement difficile, d'après les documents consultés, de faire la part des effets destructeurs dus à l'ébranlement et à l'action de la mer (échelle de Mercalli?).

Marrakech. — Le mégasisme du 1er novembre 1755 a fortement ébranlé la capitale du sud marocain, ensevelissant sous les ruines un grand nombre d'habitants (X).

Santa-Cruz (Agadir). — Cette ville méridionale, qui jouissait à cette époque d'une grande prospérité, a souffert autant que Marrakech par suite d'un fort ébranlement qui s'est compliqué, dans la basse ville, des effets d'un raz de marée (X).

1° Il semble tout d'abord résulter de cet ensemble de faits que le mégasisme qui nous occupe s'est propagé au Maroc avec la même violence qu'au Portugal.

2° Un raz de marée très puissant s'est fait sentir partout le long de la côte atlantique, plus particulièrement dans le nord-ouest du Maroc; tandis qu'il n'a eu qu'un effet relatif du côté méditerranéen, à Ceuta et dans le golfe de Tétouan.

Ces constatations sembleraient appuyer l'hypothèse émise par l'un de nous (²) d'une zone épicentrale située dans l'effondrement en ovale, compris entre le sud de la péninsule ibérique et le continent africain, à l'ouest du détroit de Gibraltar.

3° Si l'on jette un coup d'œil sur la Carte géologique du Maroc (³) on est frappé de la corrélation qui existe entre les effets destructeurs du mégasisme du 1er novembre 1755 et la structure tectonique de ce pays africain.

Il est remarquable de constater d'abord que ces effets sont tout à fait comparables entre eux dans toutes les villes qui s'élèvent sur les dépôts du détroit sud-Rifain. Fez, Meknès, Rabat-Salé, Mehdiya, Larache, etc. ont été également éprouvés (X); or, ces dépôts forment le remplissage d'une *zone d'ennoyage* comblée par l'ancienne communication entre l'Atlantique et la Méditerranée (⁴).

De même, la ville de Marrakech, également très éprouvée, se trouve au

---

(¹) *Relação do grande terremoto que houve na Praça di Mazagan em o primeiro de novembro de* 1755 (opusculo publicado em 1756, sem auctor); *Gazeta de Lisboa*, 1756, Mazagan, 25 de janeiro de 1756. Etc.

(²) Pereira de Sousa, *loc. cit.*

(³) Louis Gentil, *Annales de Géographie*, 15 mars 1911.

(⁴) Louis Gentil, *Comptes rendus*, 30 janvier et 13 février 1911.

centre d'une aire d'affaissement, séparée par de grandes fractures longitudinales de la chaîne du Haut Atlas.

De même encore le désastre de Santa-Cruz (Agadir) s'explique par le fait que cette ville est située au bord de la *zone affaissée* du Sous, au sud de la grande chaîne (¹).

Par contre, Mazagan qui se trouve au bord de la Meseta marocaine a été très peu éprouvé par l'ébranlement, ce qui s'explique par la situation de cette ville sur des calcaires paléozoïques et crétacés qui font partie de ce pilier résistant de l'écorce terrestre dont la structure nous est assez bien connue (¹).

Il semblerait que Safi, qui se trouve dans une situation analogue, échappe à cette règle; mais il y a lieu de remarquer que les documents historiques sur le désastre de cette ville sont assez obscurs, et que, d'autre part, elle est bâtie en amphithéâtre dans un cirque d'érosion creusé dans les argiles crétacées.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

(¹) Louis Gentil, *Le Maroc physique*, 1912.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 20 octobre 1913.

Un ingénieur et géomètre polytechnicien : Albert Ribaucour, par Maurice d'Ocagne. (Extr. du *Bulletin de la Société des Amis de l'École Polytechnique*. numéro de juillet 1913.) Paris, imp. Paul Dupont; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

L'âge des perdrix. II : *La perdrix rouge*, par Louis Bureau. Nantes, Vié, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. E. Perrier.)

Mesure des angles. Hyperboles étoilées et développante, par D. Gautier. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-8°.

Le Service météorologique des États-Unis : Rapport, par M. Manley-Bendall. Bordeaux, au siège de la Société d'Océanographie du golfe de Gascogne, 1913; 1 fasc. in-8°.

Le Département du Magnétisme terrestre de la Carnegie Institution de Washington : Rapport, par M. Manley-Bendall. Bordeaux, Hôtel de la Marine nationale, 1913; 1 fasc. in-8°.

38 Ouvrages relatifs à l'*Enseignement des Mathématiques*, publiés par M. Zoel Garcia de Galdeano, à Saragosse. (Hommage de l'auteur.)

Per difendersi dal colera; Conferenza tenuta nel Convitto nazionale di Tivoli il 27 aprile 1913, per Dott. Natale Allegri. Rome, 1913; 1 fasc. in-8°.

A catalogue of the fishes of Japan, by David Starr Jordan, Shigeo Tanaka ad John Otterbein Snyder. (*Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo;* t. XXXIII, art. 1; 31 mars 1913.) Tokyo; 1 vol. in-8°.

Memorias de la Real Sociedad espanola de Historia natural; t. IX. Memoria 1ª : *Síntesis estratigráfica de los terrenos primarios de Cátaluña, con una descripción de los yacimentos fosilíferos màs principales*, por M. Faura y Sans. Madrid, 1913; 1 vol. in-8°.

Publications of the Dominion Observatory Ottova; t. I, nos 1-5. Ottawa, Government printing Bureau, 1913; 5 fasc. in-4°.

Proceedings of the Royal Institution of Great Britain; t. XX, part 1. Londres, juin 1913; 1 vol. in-8°.

Memorias y Revista de la Sociedad científica Antonio Alzate; t. XXXI, nos 7-12; t. XXXII, nos 1-6. Mexico, 1912; 3 fasc. in-8°.

The Tôhoku mathematical Journal, edited by T. Hayashi; t. IV, nos 1-2, september 1913. Sendaï (Japon); 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 27 OCTOBRE 1913.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Caisse des Recherches scientifiques. *Rapports scientifiques sur les travaux entrepris en* 1912 *au moyen des subventions de la* CAISSE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES. Melun, Imprimerie administrative, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. Abel Flourens, Conseiller d'État, Président du Conseil d'administration de la *Caisse des Recherches scientifiques*.)

Traité élémentaire de Physique, rédigé conformément aux programmes officiels, par ÉDOUARD BRANLY, Membre de l'Institut; 5e édition. Paris, J. de Gigord, 1914; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Théorie des corps de nombres algébriques, par D. HILBERT; Ouvrage traduit de l'allemand par A. LÉVY et TH. GOT, avec une *Préface* et des *Notes* de M. G. HUMBERT, Membre de l'Institut. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. G. Humbert.)

Annali di Matematica pura e applicata; serie III, tomo XXI (ottobre 1913) : *Alla memoria di* LAGRANGE, *nel centenario della sua morte;* t. II. Milan; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

L'expédition franco-suédoise de sondages aériens à Kiruna, 1907, 1908 *et* 1909, par H. MAURICE, avec une *Introduction* de H.-H. HILDEBRANDSSON. (*Nova Acta Regiæ Societatis scientiarum Upsaliensis;* série IV, t. III, n° 7.) Upsal, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Deslandres.)

Les Hydroïdes de l'expédition du Siboga, par A. BILLARD; I : *Plumularidæ*, avec 6 planches et 96 figures dans le texte. Leyde, E.-J. Brill, 1913; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

On some points of chemical philosophy involved in the discovery of radium and the properties of its combinations, by HENRY WILDE. (Extr. du Volume LI, partie I, des *Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society*, session 1906-1907.) Manchester; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

On some new multiple relations of the atomic weights of elementary substances, and on the classification and transformations of neon and helium, by HENRY WILDE. (Extr. de *Philosophical Magazine;* octobre 1913.) 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Service de santé. *Formulaire pharmaceutique des hôpitaux militaires;* Tome II : *Chimie appliquée à l'hygiène et aux expertises dans l'armée.* Paris, Imprimerie Nationale, 1913; 1 vol. in-8°.

Société de secours des Amis des Sciences. *Compte rendu du cinquante-sixième exercice, cinquantième séance publique annuelle tenue le* 27 *mai* 1913. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the United States National Museum; t. XLIII. Washington, 1913; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 13 octobre 1913.)

Note de M. *Thadée Peczalski*, Relations entre les coefficients de dilatation et les coefficients thermodynamiques :

Page 584, formule (4), *au lieu de*

$$dQ = \frac{C}{p\beta}\,dp + \frac{c}{v\alpha}\,dv = \frac{c}{\frac{\partial p}{\partial t}}\,dp + \frac{C}{\frac{\partial v}{\partial t}}\,dv,$$

lire

$$dQ = \frac{c}{p\beta}\,dp + \frac{C}{v\alpha}\,dv = \frac{c}{\frac{\partial p}{\partial t}}\,dp + \frac{C}{\frac{\partial v}{\partial t}}\,dv.$$

Page 585, formule (10), *au lieu de*

$$v = A p^{a} e^{bp},$$

lire

$$v = A e^{ap+bp^2}.$$

Page 586, formule (11), *au lieu de*

$$\frac{\alpha}{\beta} = a - bp,$$

lire

$$\frac{\alpha}{\beta} = -ap - b\beta^2.$$

(Séance du 27 octobre 1913.)

Note de MM. *Deslandres* et *d'Azambuja*, Lois relatives à la structure des spectres de bandes et aux perturbations de leurs séries arithmétiques :

Page 672, ligne 12, *au lieu de*

$$N = f(n^2, p^2) + (m+\alpha)^2 + \ldots$$

lire

$$N = f(n^2, p^2) \times (m+\alpha)^2 + \ldots$$

Même page, ligne 27, *au lieu de* par ce fait que les paramètres n et p, *lire* par ce fait que les paramètres m, n et p.

Page 673, ligne 23, *au lieu de* séparer environ 20000 raies, *lire* séparer environ 20000 vibrations simples.

Même page, ligne 32, *au lieu de* déjà signalées en 1885, *lire* déjà signalées en 1886 et 1888.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Depéret*, à Lyon, pour occuper la quatrième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Il est donné lecture de ce Décret.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque au sujet d'une équation intégrale considérée par M. Charlier* (¹). Note de M. **Émile Picard**.

Dans une très intéressante Note, insérée ci-après, p. 831, M. Charlier vient de montrer l'intérêt, pour la théorie de la réfraction, de l'équation intégrale de première espèce

$$\int_0^1 \frac{\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2y^2}} = f(y), \tag{1}$$

où $f(y)$ est une fonction connue de 0 à 1, et $\varphi(x)$ la fonction cherchée.

J'ai donné, il y a quelques années, une condition nécessaire et suffisante pour la possibilité de la résolution d'une équation intégrale de première espèce (²). Pour pouvoir appliquer cette méthode à l'équation (1), il fau-

(¹) Charlier, *Sur la réfraction terrestre et la constitution de l'atmosphère* (voir ce numéro des *Comptes rendus*).

(²) E. Picard, *Comptes rendus*, 14 juin et 28 juin 1909, et *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XXIX, 1910.

drait commencer par calculer les valeurs singulières et les solutions correspondantes de l'équation de Fredholm sans second membre

$$\varphi(y) - \lambda \int_0^1 \frac{\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1 - x^2 y^2}} = 0, \tag{2}$$

les valeurs singulières étant les valeurs de λ, pour lesquelles cette équation admet d'autres solutions que $\varphi = 0$. Le calcul de ces valeurs singulières pourrait peut-être se faire assez facilement en se plaçant au point de vue suivant : quand l'équation (2) a une solution, celle-ci est holomorphe dans le cercle de rayon *un*, ayant son centre à l'origine. En posant donc

$$\varphi(y) = A_0 + A_1 y + A_2 y^2 + \ldots.$$

et substituant dans (2) cette valeur de φ, on obtient une infinité d'équations linéaires du premier degré pour les A. Ces équations peuvent être facilement étudiées au moyen de théorèmes aujourd'hui classiques, et l'équation donnant λ se présente sous la forme d'un déterminant d'ordre infini. Il ne paraît pas douteux que le calcul numérique des premières valeurs λ_i et des fonctions φ_i correspondantes pourra se faire en prenant seulement les m premières de ces équations du premier degré (m assez grand); la fonction cherchée $\varphi(x)$ s'obtiendra en prenant les premiers termes de son développement suivant les φ_i (réduits à des polynomes). Je me borne en ce moment à ces indications sur lesquelles je me réserve de revenir.

SPECTROSCOPIE. — *Action du champ magnétique sur le spectre de bandes ultraviolet de la vapeur d'eau. Propriété nouvelle des séries régulières de raies qui forment la bande.* Note de M. **H. Deslandres** et **L. d'Azambuja**.

I. L'action du champ magnétique sur les spectres de bandes a conduit à les diviser en deux classes distinctes.

Le spectre d'absorption de l'iode (Zeeman, 1897), le deuxième groupe de bandes de l'azote, le groupe négatif, les bandes des hydrocarbures et du cyanogène (Henri Becquerel et Deslandres, 1898), le spectre de bandes du mercure (Runge, 1902) n'offrent pas dans un champ magnétique la division nette des raies simples en composantes polarisées, division que Zeeman a reconnue dans les spectres de lignes; et, pendant quelque temps, on a pu croire qu'il y avait là une propriété générale des spectres de bandes.

Puis, en 1908, Dufour a indiqué plusieurs spectres de bandes (dus aux fluorures et chlorures des métaux alcalino-terreux), qui présentent le phé-

nomène de Zeeman, et avec un écartement des composantes, analogue à celui des spectres de lignes.

Ces différences curieuses ont été rattachées par Dufour à la structure chimique du gaz lumineux. Si le gaz est formé d'atomes isolés, la division Zeeman ne se produit pas; elle apparaît seulement avec la molécule formée de plusieurs atomes. Cette explication, qui a le mérite d'être simple, n'est pas toujours en accord avec les faits.

De toute façon, il importe de reconnaître l'effet du champ magnétique sur tous les spectres de bandes, et Deslandres s'est proposé d'examiner à ce point de vue les spectres de bande de l'air atmosphérique, dont il poursuit l'étude, aussi complète que possible, depuis près de trente années. Il a reconnu en 1885, dans l'air illuminé électriquement, quatre groupes distincts de bandes, le premier, le deuxième, le troisième groupe de l'azote et le groupe du pôle négatif, auxquels on peut joindre le spectre de bandes de la vapeur d'eau, émis fortement par l'étincelle dès que l'air est un peu humide (1).

Le deuxième groupe de l'azote et le groupe du pôle négatif, qui sont les plus brillants et les plus faciles à explorer avec les instruments ordinaires, ont été déjà soumis au champ magnétique en 1898, comme on l'a rappelé plus haut, et se sont montrés insensibles. Puis, récemment, le premier groupe de l'azote a été étudié par Croze, qui a reconnu un effet Zeeman notable (2).

Il reste à examiner le troisième groupe de l'azote et le spectre de la vapeur d'eau qui sont ultraviolets et offrent un intérêt spécial du fait qu'ils sont rapportés l'un et l'autre à des molécules, à des composés de l'oxygène.

II. Nous nous sommes proposé de combler cette lacune avec le concours de Burson, astronome assistant, et avec les moyens, à certains égards restreints, dont nous disposons à l'Observatoire de Meudon.

Le dispositif employé est très simple et a donné des résultats plus rapides et plus complets que nous ne l'espérions au début.

La source lumineuse est simplement l'étincelle ordinaire non condensée d'une petite bobine de Ruhmkorff, placée dans l'entrefer d'un électro-aimant, parallèlement aux lignes de force. Elle jaillit dans l'air à la pression atmosphérique entre les pièces

(1) Récemment, deux autres spectres de bandes de l'air ou de l'azote, dus à la phosphorescence, ont été découverts par Lewis, Fowler et Strutt.

(2) Deslandres, *Comptes rendus*, t. **100**, 1885, p. 854; t. **101**, 1885, p. 1256. — H. Becquerel et Deslandres, *Comptes rendus*, t. **126**, 1898, p. 997; t. **127**, 1898, p. 18. — Croze, Thèse de doctorat, 1913, p. 95.

polaires elles-mêmes de l'aimant, spécialement isolées, ainsi que dans les expériences anciennes de Becquerel et Deslandres, ou, plus souvent, entre des électrodes de platine.

L'électro-aimant est du petit modèle Weiss et donne un champ maximum de 32000 gauss dans un entrefer de 2^{mm}. L'intensité du champ était mesurée simplement au cours de l'expérience, avec les raies du platine qui apparaissent au milieu des bandes et sont dédoublées, ou encore avec les raies du zinc, en remplaçant momentanément une électrode de platine par une électrode en zinc de même forme.

Le spectrographe employé comprend deux prismes de spath d'Islande et une chambre longue de $1^{m},25$ avec lentille de quartz. Il assure une dispersion seulement moyenne; il a déjà servi à l'étude détaillée de la distribution des raies dans le troisième groupe de l'azote, étude publiée en 1904.

L'épreuve du spectrographe offrait un spectre de la vapeur d'eau, émis sous l'influence du champ, et compris entre deux spectres de la même vapeur non soumise au champ, ces deux spectres étant photographiés au commencement et à la fin de l'expérience. On pouvait ainsi aisément reconnaître les changements dus à l'action du champ.

Un premier essai avec un champ magnétique de 20000 gauss a donné les principaux éléments du phénomène dans la direction perpendiculaire aux lignes de force; puis le champ a été porté successivement à 25000 gauss et à 30000 gauss.

Les résultats sont les suivants :

Le troisième groupe de l'azote offre les dédoublements de l'effet Zeeman, à peu près dans les mêmes conditions que le fluorure de calcium étudié par Dufour. Les dédoublements sont visibles non plus à la tête de la bande seulement, ainsi que dans les spectres précédemment cités, mais sur un grand nombre de raies de la partie dégradée, et leur étude, poursuivie par Deslandres et Burson, s'annonce comme intéressante; elle sera publiée par eux prochainement.

Dans les mêmes conditions, la bande caractéristique de la vapeur d'eau, qui apparaît intense entre les bandes de l'azote, n'offre aucun dédoublement; elle appartient à l'autre classe des spectres de bandes. Cependant, le troisième groupe de l'azote et le spectre de la vapeur d'eau, d'après de multiples expériences, et avec l'assentiment général, sont rapportés à des corps composés [1]. Il semble donc que la cause de ces différences est encore à déterminer.

---

[1] En 1885, Deslandres, en présentant le troisième groupe de l'azote, a donné les raisons qui le rattachent à un composé d'azote et d'oxygène; et ce résultat a été confirmé en 1904 et 1906 par Percival Lewis et Schniederjost. D'autre part, les nombreux auteurs qui ont étudié le spectre dit *de la vapeur d'eau* l'ont rapporté tous à un composé d'oxygène et d'hydrogène.

III. Les raies de la vapeur d'eau ne sont donc pas dédoublées par le champ, mais elles offrent un autre phénomène, pour nous inattendu et d'un intérêt au moins égal; elles sont toutes déviées, soit vers le rouge, soit vers le violet, et d'une quantité notable, facile à mesurer, malgré la faiblesse relative du champ (seulement 20000 gauss).

Ce résultat est à rapprocher d'autres faits analogues observés par Fortrat sous l'influence de champs magnétiques plus puissants (40000 gauss) dans les spectres de bandes des hydrocarbures, du deuxième groupe et du pôle négatif de l'azote (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1459). D'après les termes mêmes de l'auteur, la plupart des raies sont déplacées, mais les écarts sont minimes et pénibles à étudier. Les déplacements sont surtout notables avec les doublets ou triplets étroits des séries, ou avec certains doublets anormaux; leurs composantes extrêmes se rapprochent, en diminuant d'intensité, puis se rassemblent en une raie unique. Avec les doublets et triplets plus larges, le déplacement est insensible [1].

Or, dans la bande de la vapeur d'eau, les doublets qu'on rencontre sont rétrécis par le champ, ou au contraire, élargis. Si, d'ailleurs, on considère seulement les doublets des séries régulières, doublets qui, dans la bande de l'eau, sont larges, ils sont toujours élargis par le champ.

Si donc, dans les deux cas, le phénomène, comme il est probable, est le même, il est plus étendu, plus général ou plus varié que ne l'a observé Fortrat. D'ailleurs, nous n'avons pas étudié les doublets et triplets très étroits ou les doublets anormaux des séries, que Fortrat a surtout considérés, et qui sont simplifiés par le champ; nous n'en avons pas rencontré dans la bande de la vapeur d'eau. Nos observations ont porté sur d'autres points et sur l'ensemble du spectre. Pour nous le fait principal est le suivant : *Toutes les raies sont déplacées, et les raies simples qui forment une série arithmétique naturelle sont toutes déplacées dans le même sens, soit vers le rouge, soit vers le violet.* On conçoit que, suivant la disposition des séries et le sens des déplacements, les doublets ou triplets soient ou rétrécis ou élargis.

A l'appui, nous décrirons avec certains détails les recherches sur la bande caractéristique de la vapeur d'eau. Le spectre d'émission de la

---

(1) Les déplacements absolus peuvent être plus grands avec les doublets et les triplets très serrés; mais, toutes choses égales d'ailleurs, ils sont plus aisément visibles, au moins à première vue, lorsque les doublets sont étroits au lieu d'être larges. C'est ainsi que Thollon a reconnu le premier la rotation solaire par l'application du principe de Doppler-Fizeau, en observant des doublets étroits, formés par une raie solaire déplacée et une raie tellurique non déplacée.

vapeur d'eau a été étudié par de nombreux observateurs : Huggins, Liveing et Dewar, Deslandres, Eder, Konen, Meyerheim. Ce dernier a mesuré avec une grande précision les raies de la bande caractéristique λ3063, et a recherché les séries de raies (*Zeitschrift für vissenschaftliche Photographie*, t. II, 1904, p. 131).

Déjà, en 1885, Deslandres avait reconnu dans la queue de la bande deux séries de doublets enchevêtrés, qui, par la variation des intensités et des intervalles, forment manifestement une série naturelle. Meyerheim reprend dans des tableaux séparés ces deux séries de doublets (marqués $A_1 A_2$, $B_1 B_2$ dans la figure 1) et découvre une troisième série ($C_1 C_2$

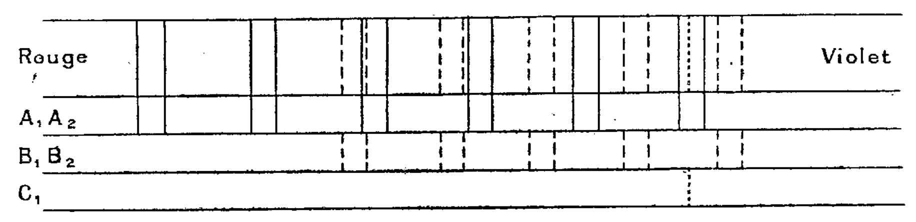


Fig. 1. — Tirée du Mémoire de Meyerheim, qui montre à la queue de la bande les séries de doublets $A_1 A_2$, $B_1 B_2$, et le commencement des doublets $C_1 C_2$.

sur les figures 1 et 2), qui s'étend plus loin jusqu'à l'arête λ 309,8, ou C_1, la moins réfrangible et la plus intense des trois arêtes de la bande.

La figure 1 reproduit un dessin de Meyerheim et montre la disposition des divers doublets à la queue de la bande. La figure 2 donne les arêtes qui sont visibles à la tête de la bande en C_1, $D_1 D_2$ et $E_1 E_2$.

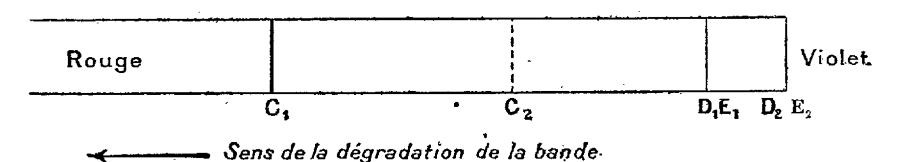


Fig. 2. — Qui montre les trois arêtes visibles à la tête de la bande. Ces arêtes sont l'origine des raies C_1 et aussi des doublets nouveaux $D_1 D_2$, $E_1 E_2$. L'arête C_1 est la plus forte et l'on a marqué par un trait pointillé l'origine des doublets C_2, d'après Meyerheim.

Or, les séries de raies simples $A_1 B_1 C_1$ ont toutes leurs raies déplacées vers le rouge, et les trois autres $A_2 B_2 C_2$ sont déplacées vers le violet. Il en résulte que les doublets correspondants sont tous agrandis par le champ magnétique. Les déplacements des raies successives ne sont pas égaux, et le plus grand qui ait été relevé atteint $0^{A},109$, avec un champ de 30000 gauss : la valeur moyenne de tous les déplacements mesurés, au nombre de 122 et pris en valeur absolue, est, avec le même champ, $0^{A},042$.

Tableaux qui donnent les longueurs d'onde des raies des nouvelles séries, leurs différences secondes et les déplacements de ces raies par un champ magnétique de 30 000 *gauss* (1).

Série D_1.

λ d'après Meyerheim.	Différences secondes.	Déplacements dus au champ.
		A
3.067,800	A	+0,054
3.068,055	0,423	0,038
3.068,733	0,387	0,045
3.069,798	0,420	0,034
3.071,283	0,499	0,029
3.073,167	0,424	0,030
3.075,475	0,387	0,027
3.078,170		+0,024

Série D_2.

λ d'après Meyerheim.	Différences secondes.	Déplacements dus au champ.
		A
3.063,701	A	—0,042
3.063,860	0,325	0,024
3.064,344	0,382	0,030
3.065,210	0,304	0,032
3.066,38	0,505	0,032
3.068,055	0,300	0,093
3.070,03	0,440	0,010
3.072,445	0,398	0,032
3.075,258	0,503	0,035
3.078,574		—0,072

Série E_1.

λ d'après Meyerheim.	Différences secondes.	Déplacements dus au champ.
		A
3.067,800	A	+0,054
3.067,920	0,340	0,061
3.068,380	0,456	0,053
3.069,296	0,381	0,046
3.070,593	0,442	0,056
3.072,332	0,433	0,082
3.074,504	0,488	0,048
3.077,164	0,536	0,082
3.080,360		+0,109

Série E_2.

λ d'après Meyerheim.	Différences secondes.	Déplacements dus au champ.
		A
3.063,701	B	—0,042
3.063,860	0,325	0,024
3.064,344	0,248	0,030
3.065,076	0,272	0,059
3.066,080	0,286	0,035
3.067,370		—0,029

La propriété énoncée ci-dessus est donc bien vérifiée. Nous avons pensé aussitôt à l'utiliser pour retrouver des séries nouvelles, à la tête de la bande, là où Meyerheim n'a pas pu en distinguer. Nous avons simplement recherché, dans le mélange confus des raies, celles qui sont déplacées dans

(1) Les déplacements sont donnés, comme les longueurs d'onde, avec trois chiffres décimaux; mais, en réalité, ils sont obtenus avec une précision moindre, le spectrographe de Meudon étant moins dispersif que celui de Meyerheim. Avec les épreuves de Meudon, l'erreur de pointé est estimée à $0^{A},010$.

le même sens, et nous avons reconnu ainsi quatre nouvelles séries D_1E_1, D_2E_2, qui comprennent, à quelques rares exceptions près, toutes les raies de la tête. Les séries D_1E_1 ont leurs déplacements vers le rouge et les séries D_2E_2 vers le violet. Elles donnent donc deux nouvelles séries de doublets, analogues aux trois précédentes, et correspondent d'ailleurs à deux arêtes de la bande, qui sont bien visibles avec une faible dispersion ([1]). Elles sont résumées dans les Tableaux ci-dessus, formés avec les longueurs d'onde de Meyerheim.

Cette application immédiate de la loi posée ci-dessus en montre toute la valeur. Le phénomène peut être général et avoir une importance comparable à celle du phénomène de Zeeman. Il se présente avec une intensité particulière dans la bande de la vapeur d'eau, ce qui a permis de le reconnaître avec des moyens relativement faibles ([2]). Il faut poursuivre son étude dans les conditions les plus variées avec les électro-aimants et les spectrographes les plus puissants, et rechercher le lien précis qui l'unit aux faits très curieux observés par Fortrat sur d'autres spectres.

CHIMIE MINÉRALE. — *Le fluor est un élément constant des émanations du noyau terrestre.* Note de M. **Armand Gautier.**

Lorsque, en 1906, je divisai les eaux minérales en eaux *d'origine météorique* et eaux *d'origine éruptive* ou eaux *vierges* formées de toutes pièces dans les régions les plus profondes des roches terrestres, je fis remarquer que l'une des caractéristiques de ces dernières est leur richesse très sensible en fluor ([3]). Or, s'il est bien réel que cet élément accompagne toujours les produits formés dans les grandes profondeurs, il faut que nous le retrouvions non seulement dans les eaux qui en proviennent, mais dans toutes

---

([1]) Avec ces cinq séries régulières de doublets, on a donc cinq séries de raies simples déplacées vers le rouge, et cinq séries de raies simples déplacées vers le violet. Il y a entre ces séries une sorte d'antagonisme, qui est probablement un fait général.

En dehors des cinq séries de doublets, la bande offre d'autres raies qui seront examinées ultérieurement. D'ailleurs la bande, avec une faible dispersion, montre en son milieu des arêtes, qui sont distinctes des trois arêtes de la tête.

([2]) La grandeur du déplacement avec la bande de la vapeur d'eau peut tenir à ce que les séries arithmétiques de la bande ont une raison relativement élevée. La pression du gaz peut aussi jouer un rôle. Tous ces points sont à élucider.

([3]) Voir *La genèse des eaux thermales* (*Annales des Mines*, mars 1906, p. 316 et suiv., et *Comptes rendus*, t. 150, p. 440).

les roches primitives, dans les terrains qui en dérivent par désagrégation, dans les dépôts les plus anciens des eaux thermales géologiques, dans les gaz volcaniques et les exhalaisons qui s'échappent des grandes failles terrestres.

De fait, on le trouve en quantités très notables dans toutes les roches cristalliniennes ou éruptives, dans beaucoup d'espèces minérales constitutives de ces roches, telles que micas, apatites, topaze, cryolite, amblygonite, tourmalines, etc.; et dans les failles des terrains les plus anciens, où se rencontrent les principaux minéraux fluorés et particulièrement la fluorine. Je montrerai, dans un prochain travail d'ensemble, que les eaux thermales modernes qui sortent de ces mêmes failles sont toujours très notablement fluorées. Quant aux émanations volcaniques, je rappelle que Scacchi a signalé le fluorure de silicium (*Proïdonite*) et le fluosilicate d'ammonium (*Cryptohalite*) dans les produits fumerolliens du Vésuve; que Cossa a trouvé dans ceux du Vulcano (Iles Lipari) le fluosilicate de potassium; que A. Scacchi a signalé les micas et la fluorine dans les blocs calcaires métamorphisés des volcans de la Campanie où notre savant confrère, M. A. Lacroix, a caractérisé aussi le fluorure de magnésium (*Sellaïte*).

Mais presque tous ces corps fluorés ont été rencontrés çà et là, notés comme des produits locaux, des curiosités minéralogiques assez rares, alors que, si le fluor accompagne nécessairement les émanations venues de profondeurs ignées, on doit le rencontrer disséminé partout dans les roches anciennes, et *a fortiori* dans toutes les fumerolles et laves volcaniques, quels que soient le lieu et l'époque de leur formation.

Cependant jusqu'ici, et certainement faute de bonnes méthodes et de recherches suivies, le fluor est resté inaperçu dans beaucoup de roches cristalliniennes et dans les produits de leur désagrégation : grès, sables, argiles, terres arables. En le recherchant systématiquement, nous l'avons trouvé dans tous ces cas, souvent en quantités très notables, aussi bien dans les terres d'alluvions (218^{mg} par kilogramme dans les alluvions de l'Aude) (1) que dans les argiles feldspathiques (143^{mg} de fluor dans ce même poids de kaolins de Bretagne), ainsi que dans les grès et les sables (60^{mg} de fluor par kilogramme dans les sables très purs de Fontainebleau).

Nous publierons bientôt les résultats toujours positifs de ces recherches méthodiques du fluor, faites avec M. P. Clausmann, dans les roches, les

(1) Plaines basses de Narbonne formées par les colmatages de l'Aude, fleuve côtier qui descend du massif granitique du Carlitte, dans les Pyrénées.

sols arables, les eaux thermales. Elles confirment la présence constante de cet élément en quantités notables dans les roches anciennes, les terrains détritiques originaires de ces roches et dans les eaux minérales qui en sortent.

Quant à la recherche directe du fluor dans les émanations volcaniques modernes, elle n'avait pu être résolue jusqu'ici, les méthodes pour en retrouver et doser de très petites quantités étant insuffisantes. Lorque, en 1901, je constatai que, distillées dans le vide, les poudres préalablement bien desséchées des roches cristalliniennes (porphyres, granits, ophites, lherzolithe, etc.) émettaient au rouge de l'eau et des gaz (¹), j'essayai aussitôt de comparer les produits volatils de cette distillation avec les gaz volcaniques et d'y rechercher le fluor. C'est dans ce but que je montai au Vésuve peu après la grande éruption de 1906, ensuite en 1907, pour recueillir et analyser les gaz fumerolliens. Mais je reconnus que ma méthode n'était pas encore suffisante pour déterminer le fluor dans les gaz volcaniques (²). C'est seulement cette année 1913 que j'ai pu réaliser les dosages directs de cet élément dans ces gaz. Ils furent recueillis, au Vésuve, à ma demande, dans les appareils que j'avais envoyés à cet effet, par M. le professeur V. Gauthier (de Naples); je dois l'en remercier ici bien vivement. Ces gaz furent captés le 31 août dernier au bord du cratère, à 1080^{m} d'altitude.

L'opération fut faite de la façon suivante : deux bouteilles de 1 litre reçurent chacune un tube de verre semi-capillaire de 50^{cm} de long. Par ce tube exactement scellé au goulot, et qui pénétrait de quelques centimètres à l'intérieur, j'avais fait le vide dans ces bouteilles après avoir introduit dans chacune d'elles 1^{g} de chaux vive et pure, en poudre, humectée d'eau; les tubes furent scellés ensuite à la lampe. Pour recueillir les gaz sur place, on transporta ces bouteilles au Vésuve et, choisissant une des fissures fumerolliennes les plus favorables, on enfonça aussi profondément que possible le tube effilé fixé au goulot de la bouteille jusqu'à ce que sa pointe vînt se briser contre la paroi interne de la roche (³). Aussitôt le flacon bien plein, on scella à la cire l'extrémité effilée du tube.

(¹) *Comptes rendus*, t. 132, p. 58 et 189.

(²) *Comptes rendus*, t. 148, p. 1708, et t. 149, p. 84.

(³) La faible section du canal semi-capillaire de ce tube a pour objet d'empêcher une succion trop rapide des gaz, pouvant amener une rentrée d'air jusque dans la fissure de la roche.

Il ne restait plus qu'à doser ensuite au laboratoire le fluor fixé sur la chaux préalablement introduite dans les flacons (¹).

Dans les gaz ainsi recueillis fin août dernier, dans un moment où le volcan, depuis 7 ans au repos, recommence à donner quelques signes d'une reprise d'activité dont témoignent les fumerolles plus abondantes et les lueurs qu'on aperçoit la nuit au fond du cratère, j'ai trouvé par litre à 760^{mm} :

	Fluor	$0^{mg},110$
répondant à	Acide fluorhydrique	$0^{mg},116$
ou à	Fluorure silicique	$0^{mg},150$

Il est probable que, suivant la richesse de ces fumerolles en vapeur d'eau et acide chlorhydrique, le fluor se trouve en grande partie à l'état d'acide fluorhydrique, peut-être mêlé d'un peu de fluorure silicique et de fluosilicate d'ammonium $SiF^6(NH^4)^2$, observé par Scacchi au Vésuve (*Cryptohalite*).

Si l'on calcule à l'état d'acide fluorhydrique le volume de ces gaz fluorés, on trouve qu'il formait la 7652ᵉ partie du volume total de l'émanation fumerollienne; peut-être la 10000ᵉ partie si l'on tient compte de la très petite quantité de vapeur d'eau qui se condense pendant l'opération sur les parois plus froides du flacon où l'on recueille ces gaz très chauds.

Dans la Toscane, en Italie, le long de la vallée où est le petit village de Larderello, non loin de Voltera, la venue jusqu'à la surface d'une roche cristallinienne profonde a déterminé un système de failles d'où sortent de temps immémorial, par les fissures du sol, des vapeurs brûlantes (*suffioni*) boriquées. Il suffit, dans toute cette région, de pratiquer des trous de sonde de 150^m à 170^m de profondeur pour qu'il s'en échappe un jet puissant de vapeur d'eau à une température de 145° à 160°, qui apporte avec elle l'acide carbonique, l'ammoniaque, le méthane, l'hydrogène, l'hydrogène sulfuré, l'azote et l'acide borique.

Si, comme je le pense, le fluor se rencontre dans toute émanation issue des profondeurs terrestres, nous devons le retrouver dans ces gaz.

Pour m'en assurer et grâce à l'obligeance très gracieuse du Prince Ginori et de ses aides dévoués, en particulier de M. S. Castellani, chimiste principal

(¹) On pourrait craindre une petite erreur dans l'appréciation du volume total des gaz très légèrement acides recueillis dans le flacon durant son remplissage; mais l'opération ne dure que peu d'instants, et l'absorption des gaz carbonique et sulfureux, par une substance solide qui tombe tout entière dans le goulot durant la rentrée des gaz, et dont on ne renouvelle pas la surface, ne saurait être que très minime.

de la Compagnie, j'ai pu, en mai dernier, recueillir ces gaz borifères et même examiner l'eau qui les accompagne. Pour cela, à la sortie de l'un des trous de sonde par lequel ils s'échappaient, on plaça un serpentin de plomb extérieurement refroidi, où se condensait en grande partie la vapeur d'eau des émanations, tandis que la portion non condensable de ces gaz sortait au haut du serpentin où j'ai pu les puiser tout à fait comme dans les fissures fumerolliennes du Vésuve.

Voici d'abord, d'après M. S. Castellani, la composition moyenne de ces gaz éruptifs :

	cm³
Vapeur d'eau	973,96
CO^2	23,59
H^2S	0,736
NH^3	0,313
CH^4	0,471
O^2	0,065
H^2	0,564
Azote (avec argon, hélium, etc.).	0,296
	1000,000

Dans ces gaz, légèrement acides, je dosai le fluor; j'y trouvai par litre :

Fluor	0,255 mg

répondant à

Acide fluorhydrique	0,268 mg

Ainsi ces gaz éruptifs, quoique de composition assez différente des gaz fumerolliens volcaniques habituels, contiennent aussi du fluor ($0^{cm^3},298$ d'acide fluorhydrique par litre de gaz, calculés privés d'eau). Dans l'émission gazeuse telle qu'elle sort violemment des trous de sonde à une température de 150° environ, l'acide fluorhydrique forme la 127000e partie seulement du volume total, vapeur d'eau comprise.

Quant à l'eau de condensation de ces émanations, eau séparée grâce au serpentin refroidi, le fluor y fut aussi dosé. J'y trouvai par litre :

Fluor	3,72 mg

répondant à

Acide fluorhydrique	3,92

ou à

Fluorure de calcium	7,68 [1]

[1] Les vapeurs entraînent avec elles une assez grande proportion de chaux.

Ce résultat me paraît très digne d'attention. En effet, cette eau boriquée (¹) et fluorée, coulant ainsi par artifice à la surface terrestre après être arrivée par un trou de sonde et avoir été condensée dans à un serpentin refroidi, cette eau s'écoulerait indéfiniment, à la façon d'une source naturelle, si l'on continuait ce refroidissement. Ceci se réalise sans aucun artifice pour chaque source thermale, quand les vapeurs aqueuses, venues des profondeurs, suffisamment refroidies à travers les failles terrestres pour se liquéfier, viennent couler ensuite au dehors. Or, comparons au point de vue du fluor une ou deux de ces eaux naturelles avec notre eau artificielle de Larderello; nous y trouvons par litre, d'après nos expériences :

Dans l'eau de condensation des vapeurs boriquées de Larderello :

Fluor. . . . . $3^{mg},72$

Dans l'eau minérale de Vichy (Grande Grille) :

Fluor. . . . . $4^{mg},35$

Dans l'eau de Luxeuil :

Fluor. . . . . $2^{mg},96$

Entre ces eaux vierges naturelles de Vichy, Luxeuil, etc., d'origine notoirement éruptive comme je l'ai montré ailleurs, et les eaux de condensation de Larderello, la comparaison n'est-elle pas frappante? Non seulement elles contiennent toutes trois du fluor, mais même en quantités comparables, quoique les terrains d'où elles émergent, leur composition et leur mode de condensation soient bien différents

Ainsi, qu'on examine les minéraux formés au sein des roches cristalliniennes ou qui ont été déposés dans les failles les plus anciennes par les eaux géologiques; qu'on analyse les eaux thermales vierges, les émanations sorties du sol naturellement ou par des sondages pratiqués sur le trajet de failles les plus profondes; qu'on étudie les gaz volcaniques ou solfatariens, etc. le fluor est toujours présent et caractérise l'origine très profonde de ces produits. D'autres éléments l'accompagnent souvent, indicateurs comme lui de cette même origine : le bore, le soufre, l'azote, l'arsenic, le chlore, le brome, l'iode, le silicium, le carbone (à l'état de CO^2), le sodium, l'hydrogène libre, le cuivre, etc., ces éléments, par leur réunion, même à l'état de traces, caractérisent dès lors pleinement l'origine ignée de ces produits.

(¹) On y trouve $0^g,230$ d'acide borique BoO^3H^3 par litre. Le mètre cube de vapeur boriquée sortant du sol contient donc $0^g,345$ de BoO^3H^3 et $0^g,0088$ de FH.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les sels acides des acides bibasiques. Sur les camphorates droits. I : Camphorates de potassium.* Note de MM. É. **Jungfleisch** et **Ph. Landrieu.**

L'étude des isomères actifs et inactifs de l'acide camphorique nous ayant conduits à examiner leurs sels métalliques, nous avons reconnu bientôt que ces acides engendrent, avec une facilité particulière, des sels acides et suracides multipliés, dont nous avons déterminé les conditions de formation. En développant ainsi l'histoire des camphorates, nous avons pu observer des faits qui ajoutent à nos connaissances générales sur les sels acides des acides bibasiques. Nous exposerons ici, comme premier exemple, nos observations sur les quatre combinaisons de l'acide camphorique que nous avons obtenues avec le potassium.

Camphorate-d dipotassique, $C^{10}H^{14}O^{4}K^{2} + 2H^{2}O$. — Le sel neutre cristallise par refroidissement d'une solution neutre, évaporée à chaud jusqu'à pellicule épaisse. Les cristaux, séparés de l'eau mère par la centrifugeuse, sont de fines aiguilles incolores, hygroscopiques. Le sel est un peu plus soluble dans l'eau à chaud qu'à froid.

Camphorate-d monopotassique, $C^{10}H^{15}O^{4}K + H^{2}O$ et $C^{10}H^{15}O^{4}K$. — Le camphorate acide prend naissance dans des circonstances assez particulières. L'évaporation spontanée de solutions contenant l'acide et le métal dans les proportions qui le constituent, fournit d'abord des cristaux d'acide camphorique-*d*; la concentration augmentant, cet acide cesse de se séparer, et le tétracamphorate monopotassique, le dicamphorate monopotassique et le camphorate monopotassique se déposent successivement; finalement, la solution devenue sirupeuse reste presque exclusivement chargée de camphorate dipotassique, lequel cristallise à son tour.

Le sel acide cristallise par refroidissement d'une solution aqueuse contenant, dans 100^{g}, de $50^{g},2$ à $64^{g},8$ de camphorate neutre, et de 3^{g} à 6^{g} d'acide libre.

Les cristaux sont des aiguilles aplaties, présentant le même aspect dans tous les cas, bien qu'ils diffèrent par l'hydratation : provenant d'une liqueur relativement peu chargée de sel neutre, ils sont hydratés, alors que les solutions les plus chargées du même sel donnent les cristaux anhydres.

Le camphorate acide ne peut être purifié par cristallisation dans l'eau; celle-ci le décompose en formant, suivant la quantité du dissolvant, des

sels suracides ou de l'acide camphorique, l'eau mère restant chargée de sel neutre.

Dicamphorate-d monopotassique, $C^{10}H^{15}O^4K, C^{10}H^{16}O^4$. — On a signalé plus haut la formation de ce sel aux dépens du camphorate monopotassique traité par l'eau. On le prépare par refroidissement d'une solution contenant, dans 100^g, de 31^g,7 à 50^g,2 de camphorate neutre avec une quantité d'acide camphorique-*d* variable de 3^g,5 à 6^g. On l'obtient aussi par évaporation à froid d'une solution contenant moins de sel neutre. Il se sépare en petites aiguilles prismatiques, assez nettes, dépourvues d'eau de cristallisation.

Tétracamphorate-d monopotassique, $C^{10}H^{15}O^4K, 3C^{10}H^{16}O^4$. — Le plus acide parmi les sels obtenus se forme dans le refroidissement d'une solution contenant, dans 100^g, de 9^g à 30^g de camphorate neutre avec 3^g,5 à 6^g d'acide camphorique. Il se dépose immédiatement après l'acide camphorique dans l'évaporation spontanée d'une solution contenant les composants dans la proportion du sel acide. Il constitue de petits cristaux brillants, transparents et assez nets. Il est décomposé par l'eau.

Conditions de formation des camphorates de potassium. — Chacun des camphorates acides de potassium se sépare de solutions de compositions assez diverses. C'est ainsi, par exemple, que deux eaux mères de dicamphorate monopotassique, qui contiennent toutes deux 3^g,20 d'acide libre dans 100^g, renferment, en outre, l'une 29^g,4 et l'autre 52^g,7 de sel neutre. Il nous a dès lors paru utile de fixer expérimentalement les conditions de formation des différents camphorates de potassium, et notamment d'établir les relations existant entre la composition des solutions et celle des corps cristallisés que ces solutions ont déposés. Les méthodes employées dans ce but se résument aux principes suivants : On a préparé un grand nombre de solutions renfermant l'acide et le sel neutre dans les proportions les plus variées et on les a fait cristalliser par refroidissement; les cristaux déposés ont été maintenus en contact prolongé avec l'eau mère, à température fixe; on a attendu pendant un temps suffisant pour que le mélange, fréquemment agité, ait atteint un état d'équilibre invariable. On a alors séparé le liquide des cristaux. Sur ces derniers, on a dosé l'eau de cristallisation par dessiccation à 70°, les camphorates acides perdant de l'acide camphorique à 100°; on a déterminé acidimétriquement l'acide camphorique libre et pesé le métal sous forme de sulfate. Pour analyser l'eau mère, sur un poids donné de celle-ci, on a dosé l'acide camphorique libre par un titrage à la potasse;

évaporant ensuite à sec la solution neutralisée, on a pesé le résidu formé par le camphorate neutre préexistant et celui résultant de la neutralisation; on a calculé enfin le poids du camphorate neutre préexistant. Le poids de l'eau a été obtenu en soustrayant, du poids de la prise d'essai, l'ensemble des poids de l'acide camphorique libre et du camphorate neutre préexistant. On a donc connu, dans chaque expérience, l'ensemble des substances qui ont constitué, à une température donnée, le système en équilibre.

On a pu ainsi envisager, pour les eaux mères, les compositions qui s'échelonnent depuis l'acide camphorique-*d* pur jusqu'au camphorate-*d* neutre pur, en passant par des solutions ayant déposé les différents sels. Nous donnerons seulement ici la représentation graphique des principales valeurs relevées pour les camphorates potassiques.

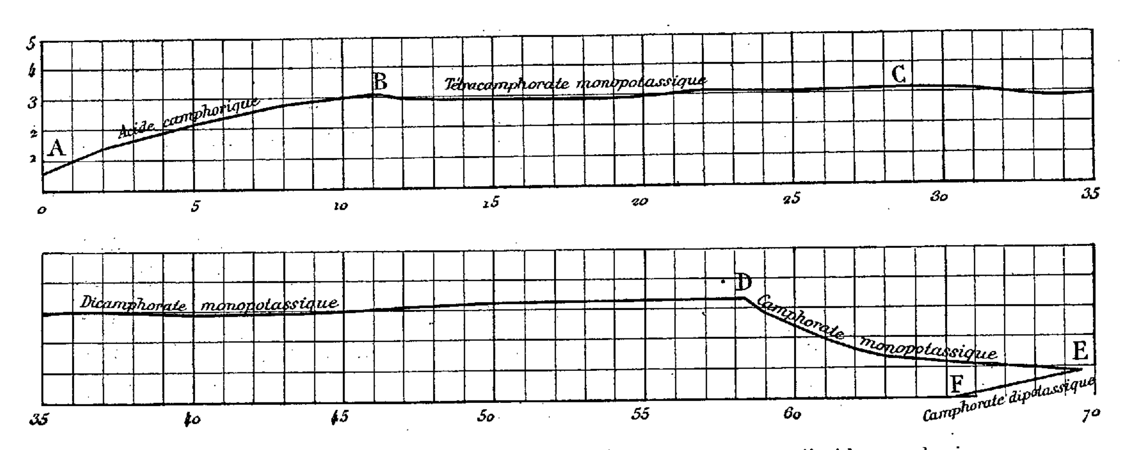


Fig. 1. — Compositions des eaux mères ayant fourni des cristaux d'acide camphorique ou d'un camphorate potassique à 13°-15°.

Dans ce tracé, les abscisses sont les poids de camphorate neutre contenus dans 100^{g} d'eau mère, et les ordonnées, les poids d'acide non neutralisé renfermés dans la même quantité d'eau mère; la courbe représente ainsi les compositions des liquides ayant déposé des cristaux d'acide camphorique, de tétracamphorate monopotassique, de dicamphorate monopotassique, de camphorate monopotassique ou de camphorate dipotassique. Les points extrêmes correspondent aux conditions de solubilité, d'une part, de l'acide camphorique (o de camphorate neutre); d'autre part, du camphorate neutre (o d'acide libre). Les compositions des eaux mères ayant déposé les mêmes cristaux se trouvent réunies pour constituer une section de la courbe; le tracé de chaque section est sensiblement rectiligne. La nature des cristaux déposés, constante dans un même groupe, change brusquement

aux limites de ce groupe; à partir de ces limites, une variation faible du camphorate neutre correspond à une modification dans la nature du sel déposé. On a observé, toutefois, le dépôt simultané des deux espèces de cristaux au point de rencontre des deux sections de la courbe.

La section AB (eaux mères d'acide camphorique libre) est nettement ascendante; l'augmentation en camphorate neutre accroît donc fortement la solubilité de l'acide camphorique et va jusqu'à la quadrupler; cela semble dû à la formation croissante de sels acides retenus dans la solution. La section BC et la section CD (eaux mères de tétracamphorate monopotassique ou de dicamphorate monopotassique) se prolongent en une ligne sensiblement horizontale; elles correspondent, en effet, à des solutions contenant des quantités à peu près constantes d'acide camphorique libre; pour des doses croissantes de camphorate neutre, les cristaux, dans chaque section, se séparent de la solution lorsque le liquide se trouve chargé d'acide camphorique en excès par rapport à une dose presque constamment égale à 3^g pour 100^g; cependant, le tracé de la seconde de ces sections va en se relevant très légèrement sur l'horizontale. La section DE (eaux mères de camphorate monopotassique) s'abaisse assez rapidement jusqu'à représenter une composition de $0^g,9$ d'acide camphorique pour $69^g,8$ de camphorate neutre dans 100^g. A partir de ce point, la section EF (eaux mères de camphorate dipotassique), par un rebroussement accentué suivant une ligne droite, s'abaisse et atteint le point de solubilité du camphorate neutre dans l'eau ($65^g,8$).

Les données de cette courbe permettent de fixer les limites de composition des eaux mères constituant, avec les espèces chimiques cristallisées qu'elles ont déposées, des systèmes en équilibre à la température de l'expérience. Elles indiquent aussi la composition que doit avoir une solution pour déposer l'un des camphorates potassiques.

Ne pouvant discuter ici cette courbe, nous nous bornerons à signaler un fait qu'elle établit : le camphorate dipotassique présente une grande stabilité et n'est pas décomposé par l'eau; au contraire, le camphorate monopotassique, le dicamphorate monopotassique et le tétracamphorate monopotassique sont très peu stables en présence de l'eau; celle-ci les détruit en produisant finalement du camphorate dipotassique et de l'acide camphorique; tous les arrangements acides, constitués avec l'acide camphorique et le potassium, se résolvent, au contact de l'eau, en acide libre et sel neutre.

Or Berthelot a établi que l'acide camphorique est un acide fort, nette-

ment bibasique; les dégagements de chaleur provenant de la neutralisation de chacune des deux fonctions acides sont sensiblement égaux. Il résulte, d'autre part, des recherches thermochimiques, que l'eau ne tend pas à séparer un acide fort et une base forte d'une manière appréciable, mais que les acides faibles, au contraire, forment, en s'unissant avec les bases, même avec les bases fortes, des sels décomposables par l'eau d'une manière progressive. La stabilité du camphorate dipotassique en présence de l'eau indique donc aussi que les deux fonctions acides de l'acide camphorique sont des fonctions d'acide fort.

La combinaison du potassium et de l'acide camphorique, pris dans les proportions qui composent ce qu'on nomme d'ordinaire le sel acide, ne répond donc pas aux données précédentes; ce n'est pas un sel d'acide fort. Son mode de destruction par l'eau donne dès lors à penser que sa constitution n'est pas celle qu'on lui attribue. On admet, en effet, que dans un acide bibasique les deux H métalliques sont remplacés par deux K, lorsqu'il s'agit de former le sel neutre, un seul H étant remplacé par K, dans la génération du sel acide proprement dit. D'un autre côté, la destruction par l'eau du camphorate acide devrait fournir, suivant les règles adoptées, de l'acide camphorique et de la potasse. Or nos expériences établissent que ce composé est dédoublé en acide libre et sel neutre. Cette réaction de l'eau est donc en opposition avec l'interprétation admise d'ordinaire sur la constitution du sel acide d'un acide bibasique : elle rapproche nettement le camphorate acide de potassium des sels acides des acides monobasiques, d'un diacétate monométallique, par exemple, que l'action de l'eau dénonce comme une combinaison d'acétate neutre et d'acide acétique, $C^2H^3O^2M$, $C^2H^4O^2$. On est ainsi porté à attribuer au camphorate acide de potassium une constitution semblable à celle indiquée d'ordinaire pour les sels acides des acides monobasiques, à l'envisager comme la combinaison de 1^{mol} de camphorate bimétallique avec 1^{mol} d'acide camphorique, $C^{10}H^{14}O^4K^2$, $C^{10}H^{16}O^4$. De même, le dicamphorate monopotassique résulterait, pour des raisons semblables, de l'union de 1^{mol} de camphorate dipotassique avec 3^{mol} d'acide camphorique, $C^{10}H^{14}O^4K^2$, $3\,C^{10}H^{16}O^4$; il serait analogue avec un polyacétate métallique, tel que $C^2H^3O^2M$, $3\,C^2H^4O^2$, etc. Cette interprétation ne permettrait plus d'admettre la distinction sur laquelle on a beaucoup insisté, qui différencie les sels acides des acides bibasiques, avec les combinaisons acides des acides monobasiques.

La même conclusion a été confirmée par l'étude semblablement conduite des conditions de formation des camphorates d'un certain nombre de

métaux et même de bases organiques, étude que nous publierons prochainement. Elle est confirmée aussi par l'examen des combinaisons acides de divers acides bibasiques, organiques ou minéraux. Ces développements donnent un caractère de généralité aux interprétations qui viennent d'être exposées. On remarquera que celles-ci touchent la définition des acides bibasiques.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **L.-E. Bertin** présente, au nom de M. *Dumanois*, un Mémoire intitulé : *Application du moteur à combustion interne aux navires de guerre.*

(Renvoi à la Commission du Prix extraordinaire de la Marine.)

CORRESPONDANCE.

M. **Borrelly** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Théorie des nombres*, par E. Cahen. Tome I : *Le premier degré*. (Présenté par J. Hadamard.)

2° Le Tome X (année 1912) du *Bulletin de l'*Académie malgache.

3° *The celebration of the two hundred and fiftieth anniversary of the* Royal Society of London, July 15-19, 1912.

4° *Études minéralogiques sur l'Indo-Chine française*, par Gaston Dupouy. (Présenté par M. A. Lacroix.)

ASTRONOMIE. — *Sur la réfraction terrestre et la constitution de l'atmosphère.* Note de **C.-V.-L. Charlier**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons la marche d'un rayon lumineux se propageant dans l'atmosphère terrestre du vide jusqu'au lieu A d'un observateur. Soit n l'indice de

réfraction à la distance ρ du centre de la Terre, et soient n_0, ρ_0, z_0 les valeurs de n, ρ et de la distance zénithale en A supposé situé à la base de l'atmosphère.

Dans la théorie de la réfraction terrestre on apprend que la réfraction totale $z - z'$ peut être représentée par la formule bien connue

$$(1) \qquad z - z' = \int_1^{n_0} \frac{dn \dfrac{n_0 \rho_0}{n \rho} \sin z'}{n \sqrt{1 - \dfrac{n_0^2 \rho_0^2}{n^2 \rho^2} \sin z'}}.$$

L'indice de réfraction n est une fonction imparfaitement connue, mais bien déterminée de ρ. Inversement on peut regarder ρ comme une fonction de la seule variable n. Une fois cette fonction connue, l'intégrale (1) s'effectuera immédiatement. On pourra donc calculer $z - z'$ pour une valeur arbitraire de z'. Les différentes *théories* de la réfraction terrestre se distinguent par différentes hypothèses sur la relation fonctionnelle entre ρ et n. Elles sont à considérer comme des tâtonnements plus ou moins plausibles pour trouver cette relation. Les valeurs de $z - z'$ elles-mêmes ne sont pas, en effet, obtenues par ces théories, bien qu'elles puissent servir comme des formules d'interpolation entre les valeurs de $z - z'$ directement obtenues par les observations. Par conséquent la formule (1) n'a pas, dans la pratique, le but de faire connaître les valeurs de la réfraction, valeurs qui sont, en effet, bien connues par les observations, mais inversement de déterminer la relation fonctionnelle entre ρ et n par les valeurs connues de $z - z'$.

La relation (1) appartient à ce domaine des mathématiques qu'on appelle les *équations intégrales*. Les études profondes qu'on a faites de telles équations laissent espérer qu'on pourrait aborder ce problème plus directement qu'auparavant. Pour réduire (1) à une forme commode on peut procéder de la manière suivante : Introduisons dans (1), au lieu de n, une autre variable x, définie par

$$(2) \qquad x = \frac{n_0 \rho_0}{n \rho};$$

nous pourrons considérer x comme une fonction provisoirement inconnue de n.

Pour $n = n_0$ nous avons $\rho = \rho_0$ et, par conséquent, $x = 1$. Quant à l'autre limite de l'intégrale, correspondant à la limite supérieure de l'atmosphère, nous avons $n = 1$. Quant à ρ, sa valeur n'est pas bien définie, mais supposant l'objet lumineux placé à une distance infinie de la Terre, ce qui est tou-

jours admis dans la théorie de la réfraction, on peut toujours poser $\rho = \infty$ pour $n = 1$. Donc la valeur correspondante de x est zéro. Posant, en outre,

$$\varphi(x) = \frac{x}{n}\frac{dn}{dx}, \tag{3}$$

$$p = \sin z_0, \tag{4}$$

la formule (1) prend la forme

$$R(p) = \int_0^1 \frac{p\,\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1 - p^2 x^2}}, \tag{5}$$

où

$$z - z' = R(p). \tag{5'}$$

La fonction $R(p)$ est connue par les observations pour toutes les valeurs réelles de p entre $p = 0$ et $p = +1$. Le problème est de déterminer par (5) la fonction $\varphi(x)$.

La fonction $\varphi(x)$ une fois connue, on obtient l'indice de réfraction n, par la formule

$$n = e^{\int \frac{dx}{x}\varphi(x)}, \tag{6}$$

et la distance du centre de la Terre, correspondant à une certaine valeur de x, par

$$\rho = \frac{n_0 \rho_0}{x} e^{-\int \frac{dx}{x}\varphi(x)}. \tag{7}$$

La relation entre n et ρ, qui détermine la constitution physique de l'atmosphère à différentes hauteurs, est complètement déterminée par les formules (6) et (7).

L'équation (5) est une équation intégrale de *première* espèce. Sa solution n'est probablement pas encore donnée, ces équations étant, en effet, jusqu'ici comparativement peu étudiées, quoique M. Picard ait donné une condition nécessaire et suffisante pour la possibilité de la résolution des équations intégrales de première espèce.

De la connaissance qu'on a déjà des valeurs de n à différentes hauteurs, on peut déduire quelques indications sur la nature de la fonction $\varphi(x)$. Pour $x = 0$, on doit avoir $\varphi(x) = 0$. Mais aussi, pour des valeurs petites de x, on peut conclure de (2) et (3) que la valeur de $\varphi(x)$ doit être infiniment petite. Ce sont, en effet, seulement des valeurs de x peu différentes de l'unité, qui peuvent donner à $\varphi(x)$ une valeur appréciable.

Remarque 1. — Les valeurs de $\varphi(x)$ peuvent être considérées comme connues pour $x = 0$ [où l'on a $\varphi(x) = 0$] et pour $x = 1$. On peut donc, par intégration par parties, rendre la fonction à intégrer partout finie, ce qui peut être utile pour la solution de l'équation intégrale (5).

Remarque 2. — Il a été admis tacitement ci-dessus que la variable nouvelle x décroît continuellement de 1 à zéro quand n décroît de n_0 à 1. Cela doit être, en effet, le cas dans l'atmosphère terrestre. Néanmoins, cela dépend de la loi de la variation de la densité de l'air avec la hauteur. En différentiant l'équation (2), on obtient

$$\frac{dx}{dn} = -\frac{x}{n} - \frac{x}{\rho}\frac{d\rho}{dn}.$$

Donc, observant que $\frac{d\rho}{dn}$ est toujours négative, on trouve que x et n varient dans le même sens, tant que l'inégalité

$$-\frac{d\rho}{dn} > \frac{\rho}{n}.$$

est remplie. Cette inégalité correspond, comme l'a fait observer M. H. Block, à la condition pour que l'atmosphère soit de la première espèce au sens de la théorie de Schmidt.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'accélération équatoriale du Soleil.* Note de M. **Fessenkoff**, présentée par M. Appell.

Considérons une masse fluide hétérogène, soumise à l'attraction newtonienne de ses parties, animée d'une rotation uniforme, et étudions le changement de l'aplatissement d'une surface de niveau quelconque avec la variation de la distribution des densités à l'intérieur.

Envisageons d'abord un ellipsoïde de révolution hétérogène d'axes b et a (axe de révolution) composé de couches ellipsoïdales homothétiques. Soit $N(x_n, y_n, z_n)$ un point situé sur l'ellipsoïde S_n d'axes b_n, a_n. En partant des formules de Jacobi, on peut, par la méthode classique ou bien par la méthode imaginée par M. Hamy, arriver à l'expression suivante de la force d'attraction appliquée au point N dans sa projection sur l'axe de x :

$$X = X_e + X_i = -2\pi f x_n \int_0^{a_n} -\mu' \, da \int_\nu^\infty \frac{ds}{(a^2+s)\Delta_s}$$
$$-2\pi f x_n \mu_1 \int^\infty \frac{ds}{(a_1^2+s)\Delta_s} - 2\pi f x_n \int_{a_n}^1 \mu' \, da \int_0^\infty \frac{ds}{(a^2+s)\Delta_s},$$

où $\Delta_s = \frac{(b^2+s)\sqrt{a^2+s}}{ab^2}$, ν la racine de l'équation

$$\frac{x_n^2}{a^2+\nu} + \frac{y_n^2+b_n^2}{b^2+\nu} = 1,$$

et $-\mu' da$ le changement de la densité μ compté suivant l'axe a.

Supposons que l'ellipsoïde tourne autour de son axe avec la vitesse angulaire ω. En introduisant la condition que la résultante de l'attraction et de la force centrifuge soit normale à la surface, nous arrivons à l'expression suivante de la vitesse angulaire :

$$\frac{\omega^2}{2\pi f} = \frac{1}{b_n^2}\int_0^{a_n} -\mu' da \int_\nu^\infty \left(\frac{b_n^2}{b^2+s} - \frac{a_n^2}{a^2+s}\right)\frac{ds}{\Delta_s}$$
$$+ \frac{1}{b_n^2}\int_{a_n}^{1} (\mu_1 - \mu' da)\int_0^\infty \left(\frac{b_n^2}{b^2+s} - \frac{a_n^2}{a^2+s}\right)\frac{ds}{\Delta_s}.$$

Différentions cette expression par rapport à x_n^2, en laissant invariables les éléments a_n, b_n. Alors

$$\frac{\partial\omega^2}{\partial x_n^2} = \frac{2\pi f}{a^2 b_n^2}\int_0^{a_n}\left(\frac{b_n^2}{b^2+\nu} - \frac{a_n^2}{a^2+\nu}\right)^2 \frac{-\mu' da}{\mathrm{B}\Delta_\nu},$$

où

$$\mathrm{B} = \frac{x_n^2}{(a^2+\nu)^2} + \frac{y_n^2+z_n^2}{(b^2+\nu)^2}.$$

Pour que $\frac{\partial\omega^2}{\partial x_n^2} = 0$, il faut et il suffit que $\mu' = 0$. Par conséquent un corps en équilibre permanent ne peut prendre la forme d'un ellipsoïde de révolution que s'il est homogène.

Si $\mu' < 0$, nous n'avons que $\frac{\partial\omega^2}{\partial x_n^2} > 0$; la vitesse augmente vers les pôles. Pour obtenir encore la surface de niveau de l'équilibre permanent, il faut communiquer aux particules équatoriales un excédent de vitesse angulaire, ce qui revient à l'augmentation de la force centrifuge pour les parties équatoriales. Notre corps doit donc prendre une forme plus aplatie que l'ellipsoïde initial. Il est évident qu'avec l'augmentation de μ' les surfaces deviennent de plus en plus aplaties. Passons au cas extrême. La densité des parties superficielles est infiniment petite, la densité au centre infiniment grande. La surface de niveau est évidemment la suivante :

$$\frac{2}{r} + \alpha r^2 \sin^2\vartheta = \text{const.}$$

(ϑ colatitude du point), α désignant le rapport de la force centrifuge à la force de gravité sous l'équateur et à la distance du centre égale à l'unité. La dernière de ces surfaces correspondant à l'équilibre stable est

$$\frac{2}{r} + \alpha r^2 \sin^2 \vartheta = 3 \alpha^{\frac{1}{3}}.$$

Elle possède la forme lenticulaire très allongée avec un aplatissement égal à $\frac{1}{3}$. Ce résultat confirme les considérations précédentes.

D'où il résulte que l'aplatissement d'une surface de niveau de l'équilibre permanent varie dans le même sens que la dérivée de la densité exprimant le changement de la densité avec la profondeur. Appliquons ces considérations à la nébuleuse solaire tournant autour de son axe avec la vitesse constante ω, nébuleuse que nous devons imaginer avec une forte condensation au centre. Ses parties superficielles se refroidissent et se contractent beaucoup plus vite que le noyau central. Donc μ' va en décroissant et c'est là la propriété caractéristique de l'évolution de chaque corps cosmique. Donc la nébuleuse ayant d'abord la forme déterminée par l'équation précédente, devient selon notre lemme de moins en moins aplatie. Mais, s'il en est ainsi, les particules équatoriales s'approchent de l'axe de rotation plus que les particules polaires et augmentent, par conséquent, davantage leur vitesse angulaire. En assimilant toutes les surfaces de niveaux aux ellipsoïdes, calculons approximativement la distribution des vitesses angulaires à la surface du Soleil actuel. Je suppose que chaque couche du Soleil reste homogène avant comme après la contraction. L'aire d'une couche ellipsoïdale entre l'équateur et la latitude φ est la suivante :

$$S_{0,\varphi} = \frac{\pi a^2}{8e}\left(\text{lo} \ \frac{1 + e \sin\varphi}{1 - e \sin\varphi} + \frac{2e\sin\varphi}{1 - e^2 \sin^2\varphi}\right),$$

où a est l'axe de rotation, e l'excentricité. D'après notre supposition,

$$\frac{S_{0,\varphi_0}}{S_{0,\frac{\pi}{2}}} = \frac{S'_{0,\varphi}}{S'_{0,\frac{\pi}{2}}},$$

où φ_0, φ sont la latitude initiale et la latitude finale d'une particule.

En négligeant le frottement des couches, nous pouvons écrire pour une particule quelconque l'intégrale des aires que voici : $\rho^2\omega = \rho_0^2\omega_0$, d'où, comme pour le Soleil $e = 0$,

$$\omega = \Omega \frac{\cos^2\varphi_0}{\cos^2\varphi} \frac{1}{1 - e_0^2 \sin^2\varphi_0},$$

Ω désignant la vitesse angulaire de rotation du Soleil actuel sous l'équateur, et

$$\sin\varphi = \frac{\log\frac{1+e_0\sin\varphi_0}{1-e_0\sin\varphi_0}+\frac{2e_0\sin\varphi_0}{1-e_0^2\sin^2\varphi}}{\log\frac{1+e_0}{1-e_0}+\frac{2e_0}{1-e^2}}.$$

Voilà donc la formule donnant la vitesse angulaire de rotation du Soleil en fonction de la latitude φ. Avec $e_0 = 0,8$ nous avons :

φ_0.	φ.	$\frac{\omega}{\Omega}$ calculé.	$\frac{\omega}{\Omega}$ observé.	Temps de rotation du Soleil.
0	0	1,00	1,00	25,19
20	7,5	0,97	0,99	25,27
40	17,2	0,87	0,98	25,60
60	32,1	0,67	0,95	26,56

L'effet du frottement qui a dû agir pendant des millions et des millions d'années est, comme il fallait s'y attendre, très manifeste.

ALGÈBRE. — *Sur le signe de la partie réelle des racines d'une équation algébrique*. Note de MM. **Chipart** et **Liénard**, présentée par M. Jordan.

Dans une Note antérieure [1] nous avons montré que, si une équation algébrique de degré n

$$f(x) = \varphi(x^2) + x\,\psi(x^2) = 0 \qquad (n = 2m \quad \text{ou} \quad 2m+1)$$

a toutes ses racines pseudo-négatives, une certaine forme quadratique $\Theta(X_1, X_2, \ldots, X_m)$ est définie positive. La forme Θ s'obtient en effectuant dans la fonction symétrique en x et y

$$F(x,y) = \frac{\varphi(y)\psi(x)-\varphi(x)\psi(y)}{y-x} = \Sigma C_\alpha^\beta x^{\alpha-1}y^{\beta-1},$$

le changement de $x^{\alpha-1}y^{\beta-1}$ en $X_\alpha X_\beta$. Le discriminant de la forme Θ est égal au résultant des deux équations $\varphi = 0$, $\psi = 0$.

Inversement, si toutes les racines de $f(x)$ sont pseudo-positives, la forme Θ est définie négative.

(1) *Comptes rendus*, t. 157, p. 680.

D'une façon plus générale, *lorsque l'équation vérifie la condition* $R \neq 0$ (ce qui implique l'absence de groupe de deux racines x', x'', telles que $x' + x'' = 0$) *et a une racine réelle au plus, les carrés positifs et négatifs de la forme associée* Θ *sont respectivement en même nombre que les couples de racines imaginaires pseudo-négatives et pseudo-positives.*

Pour établir cette proposition on remarquera d'abord qu'en faisant varier l'unique racine réelle (s'il y en a une) de $-\infty$ à $+\infty$, la condition $R \neq 0$ ne cessera pas d'être satisfaite si elle l'est pour une valeur particulière de cette racine réelle. La nature de la forme quadratique Θ est donc indépendante de la valeur de cette racine réelle.

Il suffit donc de rechercher l'influence des couples de racines imaginaires. A cet effet on fera varier successivement les parties réelles de ces couples de racines, de manière à passer d'une équation où toutes les parties réelles sont positives à une équation où elles sont toutes négatives. Chaque fois qu'une partie réelle passe du positif au négatif un carré positif de Θ devient négatif, d'où résulte la propriété énoncée plus haut.

Étudions enfin l'équation la plus générale vérifiant la condition $R \neq 0$ (pour ne pas surcharger cette Note nous laisserons de côté le cas $R = 0$). Nous allons préalablement définir ce que nous entendrons par *rang* d'une racine réelle de l'équation.

Soient $x_1, x_2, \ldots, x_p, \ldots, x_r$ les racines réelles de $f(x)$. Puisque R est différent de zéro, il n'y a pas deux racines égales et de signe contraire. Supposons les racines réelles rangées par ordre de valeur absolue

$$|x_1| \leqq |x_2| \leqq \ldots \leqq |x_p| \leqq \ldots \leqq |x_r|,$$

chaque racine multiple étant écrite un nombre de fois égal à son degré de multiplicité. Par définition p sera le rang de la racine x_p.

Soient en outre $\alpha_1 \pm \beta_1 i$, $\alpha_2 \pm \beta_2 i$, ... les couples de racines imaginaires. Faisons varier la racine x_1 depuis x_1 jusqu'à x_2 par valeurs réelles, puis passons par continuité de la racine double x_2 au couple de racines imaginaires $x_2 \pm \gamma i$, le nombre positif γ étant choisi inférieur au plus petit des nombres β. Pendant cette transformation le discriminant R ne s'est pas annulé, car l'égalité $x' + x'' = 0$ n'a été satisfaite à aucun moment. Par conséquent la nature de Θ n'a pas été modifiée.

Opérons de même sur le groupe x_3, x_4 de manière à aboutir à un couple de racines imaginaires $x_4 \pm \delta i$ et ainsi de suite. Le polynome $f(x)$ est transformé en un polynome f' ayant au plus une racine réelle et dont la forme associée Θ' est de même nature que Θ. Or les couples de racines imaginaires de $f'(x)$ comprennent :

1° Les couples de racines imaginaires de $f(x)$;

2° Les couples $x_2 \pm \gamma i$, $x_4 \pm \delta i$, etc. et la comparaison de ce résultat avec le précédent permet d'énoncer la proposition suivante :

Lorsque $f(x) = 0$ *vérifie la condition* $R \neq 0$, *le nombre de carrés positifs* (négatifs) *de* Θ *est égal au nombre de couples de racines imaginaires pseudo-négatives* (positives) *augmenté du nombre de racines réelles négatives* (positives) *de rang pair.*

Pour être renseigné sur le signe des racines réelles de rang impair, il suffit d'appliquer la proposition ci-dessus à l'équation

$$f_1(x) = \varphi_1(x^2) + x\psi_1(x^2) = x f(x) = 0.$$

En effet, l'adjonction de la racine zéro transforme toute racine de rang impair de $f(x)$ en une racine de rang pair pour $f_1(x)$. On est ainsi conduit à considérer une nouvelle forme quadratique $\Theta_1(Y_1, Y_2, \ldots)$ admettant pour polynome générateur

$$F_1(x, y) = \frac{\varphi_1(y)\psi_1(x) - \varphi_1(x)\psi_1(y)}{y - x} = \frac{y\psi(y)\varphi(x) - x\psi(x)\varphi(y)}{y - x},$$

En réunissant les résultats obtenus pour Θ et Θ_1 on arrive au théorème suivant :

Lorsque $f(x) = 0$ *n'a pas de racine commune avec* $f(-x) = 0$, *le nombre de racines pseudo-négatives* (positives) *de l'équation est égal au nombre de carrés positifs* (négatifs) *de la forme quadratique à n variables*

$$T = \Theta(X_1, X_2, \ldots, X_m) + \Theta_1(Y_1, Y_2, \ldots).$$

En faisant le changement de notations

$$X_1 = z_2, \quad X_2 = z_4, \quad \ldots, \quad X_m = z_{2m},$$
$$Y_1 = z_1, \quad Y_2 = z_3, \quad Y_3 = z_5, \quad \ldots,$$

la forme $T(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ admettra comme polynome générateur le polynome [1]

$$G(x, y) = xy\,F(x^2, y^2) + F_1(x^2, y^2) = \frac{f(x)f(y) - f(-x)f(-y)}{2(x + y)}.$$

[1] La fonction G présente une grande analogie avec la fonction symétrique en z et z', d'expression $-i\dfrac{F(z')F_0(z) - F(z)F_0(z')}{z' - z}$, utilisée par Hermite pour obtenir une forme quadratique. Il n'y a cependant pas identité.

Il est plus commode pour les applications de considérer séparément les formes Θ et Θ_1 plutôt que la forme résultante T, mais l'expression très simple du polynome générateur $G(x,y)$ de la forme T permet d'établir très rapidement les propriétés de cette forme T.

Le principe de la méthode consiste à utiliser une formule d'addition des fonctions G. En posant $f(x)=f_1(x)f_2(x)$ et appelant G, G_1, G_2 les polynomes G associés respectivement à f, f_1, f_2 on vérifie immédiatement la formule

$$G(x, y) = f_2(-x) f_2(-y) G_1(x, y) + f_1(x) f_1(y) G_2(x, y).$$

L'application de cette formule aux divers facteurs réels du premier et du deuxième degré en lesquels peut se décomposer tout polynome $f(x)$ donne immédiatement les propriétés de la forme T.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un algorithme toujours convergent pour obtenir les polynomes de meilleure approximation de Tchebychef pour une fonction continue quelconque.* Note de M. **Georges Pólya**, présentée par M. Émile Picard.

En combinant des valeurs données par observation, on se sert d'ordinaire de la méthode des moindres carrés. Mais on pourrait (*a priori* au même titre) se laisser guider par la « méthode des moindres puissances $2k^{\text{ièmes}}$ » ou aussi par le principe « rendre minimum l'erreur la plus grande en valeur absolue ». M. Runge m'a fait remarquer un rapport intéressant entre ces divers principes, et c'est en amplifiant un peu cette remarque que je suis parvenu aux résultats suivants.

Je considère exclusivement des polynomes $U(x)=u_0+u_1x+\ldots+u_nx^n$, dont le degré ne surpasse pas n, et je considère toujours le polynome $U(x)$ ensemble avec son point représentatif $U=(u_0, u_1, \ldots, u_n)$ dans l'espace à $n+1$ dimensions.

I. Soit $\varphi(x)$ une fonction continue [1] $(0 \leqq x \leqq 1)$. La fonction rationnelle entière des $n+1$ variables $u_0, u_1, \ldots, u_n$,

$$\Delta_k(U) = \int_0^1 [u_0 + u_1 x + \ldots + u_n x^n - \varphi(x)]^{2k}\, dx,$$

[1] Dans les démonstrations, je supposerai que $\varphi(x)$ n'est identique à aucun polynome de degré $\leqq n$.

prend sa valeur minimum pour un système unique de ces variables

$$(1)\qquad u_0 = p_{k0}, \quad u_1 = p_{k1}, \quad \ldots, \quad u_n = p_{kn}.$$

En effet, on se convaincra aisément que, pour la recherche de la borne inférieure de $\Delta_k(U)$, il suffit de restreindre le point U à une portion finie de l'espace. Il existe alors un point P_k dont les coordonnées (1) rendent $\Delta_k(U)$ minimum et satisfont (par conséquent) aux équations

$$(2)\qquad \frac{\partial \Delta_k(U)}{\partial u_0} = 0, \quad \frac{\partial \Delta_k(U)}{\partial u_1} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial \Delta_k(U)}{\partial u_n} = 0.$$

Ces équations ne peuvent pas avoir deux solutions différentes

$$(p_{k0}, p_{k1}, \ldots, p_{kn}) \quad \text{et} \quad (p_{k0} + v_0, p_{k1} + v_1, \ldots, p_{kn} + v_n),$$

car en admettant le contraire et en posant

$$u_0 = p_{k0} + v_0 t, \ \ldots, \ u_n = p_{kn} + v_n t,$$

l'expression

$$\frac{d\Delta_k(P_k + Vt)}{dt} = \sum_{\nu=0}^{n} \frac{\partial \Delta_k(U)}{\partial u_\nu} v_\nu$$

devient une fonction de la variable t, qui s'annule pour $t = 0$ et $t = 1$. Il s'ensuit de là que sa dérivée

$$\begin{aligned}\frac{d^2\Delta_k(P_k + Vt)}{dt^2} &= \sum_{\mu,\nu}^{0..n} \frac{\partial^2 \Delta_k(U)}{\partial u_\mu \partial u_\nu} v_\mu v_\nu \\ &= 2k(2k-1)\int_0^1 [u_0 + u_1 x + \ldots + u_n x^n - \varphi(x)]^{2k-2} \\ &\qquad \times (v_0 + v_1 x + \ldots + v_n x^n)^2 \, dx\end{aligned}$$

s'annule pour $t = \bar{t}$, $0 < \bar{t} < 1$. Mais cela implique évidemment

$$v_0 = v_1 = \ldots = v_n = 0.$$

Les coefficients du polynome

$$P_k(x) = p_{k0} + p_{k1} x + \ldots + p_{kn} x^n$$

sont donc déterminés d'une manière univoque par les équations (2) [1].

---

[1] Voir, pour une preuve géométrique de l'unicité d'un extremum dans des conditions semblables, la *Correspondance d'*HERMITE *et de* STIELTJES, t. I, p. 389-391.

II. *Soit* $T(x) = t_0 + t_1 x + \ldots + t_n x^n$ *le polynome de degré* n, *donnant la meilleure approximation de la fonction* $\varphi(x)$ *au sens de Tchebychef. On a toujours*

$$\lim_{k=\infty} P_k(x) = T(x).$$

Soit L le maximum de la fonction continue $|T(x) - \varphi(x)|$. On sait (Borel, *Fonctions de variables réelles*, p. 82), que $T(x)$ est entièrement déterminé par sa propriété, qu'il n'existe aucun polynome de degré $\leqq n$ $T^*(x) \not\equiv T(x)$, pour lequel l'inégalité $|T^*(x) - \varphi(x)| \leqq L$ a lieu dans tout l'intervalle $0 \leqq x \leqq 1$.

Je passe à la démonstration de II. En vertu de I, on a

$$(3) \qquad \int_0^1 [P_k(x) - \varphi(x)]^{2k}\, dx \leqq \int_0^1 [T(x) - \varphi(x)]^{2k}\, dx \leqq L^{2k}.$$

Dans un intervalle quelconque $\alpha \leqq x \leqq \beta$, la fonction $|P_k(x) - \varphi(x)|$ admet un minimum déterminé, soit au point ξ_k. On a, d'après (3),

$$(4) \qquad |P_k(\xi_k)| \leqq \frac{L}{\sqrt[2k]{\beta - \alpha}} + \Phi \leqq \frac{L}{\beta - \alpha} + \Phi,$$

Φ désignant le maximum de $|\varphi(x)|$ pour $0 \leqq x \leqq 1$. Je considère maintenant les $n+1$ intervalles

$$\left(0, \frac{1}{2n+1}\right), \quad \left(\frac{2}{2n+1}, \frac{3}{2n+1}\right), \quad \ldots, \quad \left(\frac{2n}{2n+1}, 1\right).$$

Soit $x = \xi_k^{(\nu)}$ une des valeurs, pour lesquelles la fonction $|P_k(x) - \varphi(x)|$ atteint son minimum dans l'intervalle $\left(\frac{2\nu}{2n+1}, \frac{2\nu+1}{2n+1}\right)$.

En se servant de (4) on obtient

$$|P_k(x)| = \left| \sum_{\nu=0}^{n} P_k(\xi_k^{(\nu)}) \frac{(x - \xi_k^{(0)}) \ldots (x - \xi_k^{(\nu-1)})(x - \xi_k^{(\nu+1)}) \ldots (x - \xi_k^{(n)})}{(\xi_k^{(\nu)} - \xi_k^{(0)}) \ldots (\xi_k^{(\nu)} - \xi_k^{(\nu-1)})(\xi_k^{(\nu)} - \xi_k^{(\nu+1)}) \ldots (\xi_k^{(\nu)} - \xi_k^{(n)})} \right|$$
$$\leqq [(2n+1)L + \Phi](2n+1)^n (n+1) \qquad (0 \leqq x \leqq 1),$$

d'où il suit (voir Borel, *loc. cit.*) que les coefficients $p_{k0}, p_{k1}, \ldots, p_{kn}$ de $P_k(x)$ restent compris entre des bornes finies, indépendantes de k, ou, ce qui revient au même, que l'ensemble dénombrable

$$(5) \qquad P_0, \quad P_1, \quad P_2, \quad \ldots, \quad P_k, \quad \ldots$$

est contenu dans une portion de l'espace *finie*. Il y a donc deux cas et seulement deux :

Ou bien le point $T = (t_0, t_1, \ldots, t_n)$ est le point limite *unique* de l'ensemble (5), dans ce cas, notre théorème II est démontré;

Ou bien on peut choisir une infinité d'indices $k_1, k_2, \ldots, k_j, \ldots$ tels que

$$\lim_{j=\infty} P_{k_j}(x) = T^\star(x)$$

où $T^\star(x)$ est un polynome de degré n (au plus), différent de $T(x)$ et où les polynomes $P_{k_j}(x)$ convergent uniformément, parce que leurs coefficients convergent vers ceux de $T^\star(x)$.

Ce dernier cas est cependant impossible. En effet, soit $L^\star$ le maximum de $|T^\star(x) - \varphi(x)|$. Le nombre $\varepsilon > 0$ étant donné, on peut, en vertu de la continuité de $|T^\star(x) - \varphi(x)|$ et de la convergence uniforme des $P_{k_j}(x)$, déterminer un intervalle (α, β) et un entier γ, de manière que

$$|P_{k_j}(x) - \varphi(x)| > L^\star - \varepsilon, \qquad \text{pour} \quad \alpha \leqq x \leqq \beta, \quad j > \gamma,$$

d'où l'on tire successivement

$$\sqrt[2k_j]{\int_0^1 [P_{k_j} - \varphi(x)]^{2k_j}\, dx} > \sqrt[2k_j]{\beta - \alpha}\,(L^\star - \varepsilon) \qquad (j > \gamma),$$

$$\limsup_{k=\infty} \sqrt[2k]{\int_0^1 (P_k(x) - \varphi(x))^{2k}\, dx} \geqq L^\star,$$

$$(6) \qquad L \geqq |T^\star(x) - \varphi(x)|, \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq x \leqq 1.$$

(L'inégalité (6) s'obtient en utilisant (3) et la définition de $L^\star$.) Mais (6) est incompatible avec la propriété fondamentale de $T(x)$. Notre théorème II est donc démontré.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations intégrales singulières.* Note de M. E. **Goursat**, présentée par M. Émile Picard.

On sait que les solutions d'une équation intégrale, où l'une des limites est infinie, présentent des propriétés tout à fait différentes de celles de l'équation régulière de Fredholm, au moins dans certains cas. M. Picard en a donné un exemple déjà classique (*Annales de l'École Normale supérieure*, 1911, p. 313), où la solution, considérée comme fonction du paramètre λ, admet comme coupure naturelle une portion de l'axe réel, quand on choisit convenablement le second membre. A la fin de son Mémoire, M. Picard montre comment la solution de cette équation intégrale se déduit, par un calcul élémentaire, de l'intégration d'une équation

différentielle linéaire du second ordre. Des considérations analogues permettent aisément de former des exemples d'équations intégrales où la solution peut admettre comme coupure naturelle une ligne quelconque du plan de la variable λ. J'indiquerai en quelques mots les plus simples.

Soit α un nombre dont la partie réelle est positive. La formule facile à vérifier

$$\int_x^{+\infty} \frac{(s-x)^n}{n!} e^{-\alpha s} ds = \frac{e^{-\alpha x}}{\alpha^{n+1}}$$

prouve que $e^{-\alpha x}$ est une solution de l'équation intégrale homogène

$$(1) \qquad \varphi(x) = \alpha^{n+1} \int_x^{+\infty} \frac{(s-x)^n}{n!} \varphi(s)\, ds.$$

Inversement, étant donnée l'équation intégrale

$$(2) \qquad \varphi(x) = \lambda \int_x^{+\infty} \frac{(s-x)^n}{n!} \varphi(s)\, ds + f(x),$$

toute valeur de λ telle que l'une des déterminations de $\lambda^{\frac{1}{n+1}}$ ait sa partie réelle positive est une *valeur singulière* pour cette équation, en appelant valeurs singulières les valeurs du paramètre λ telles que l'équation homogène correspondante ait une solution différente de zéro. Si $n > 1$, on voit que *toutes les valeurs de* λ, *sauf* $\lambda = 0$, *sont des valeurs singulières pour l'équation* (1). Si $n = 0$, les valeurs singulières sont les valeurs de λ dont la partie réelle est positive. Si $n = 1$, toutes les valeurs de λ, sauf zéro et les valeurs réelles négatives, sont singulières.

Considérons maintenant l'équation (2) avec second membre, et supposons que pour toutes les valeurs de la variable x, supposée réelle, on ait $|f(x)| < Le^{-lx}$, L et l étant positifs. On peut résoudre l'équation (2) par approximations successives suivant la méthode habituelle, et l'on obtient ainsi une série entière en λ, $\varphi(x, \lambda)$ qui, on le démontre aisément, est absolument convergente dans le cercle C de rayon l^{n+1} ayant pour centre l'origine. Mais le prolongement analytique de cette série entière en dehors du cercle C peut présenter des coupures choisies arbitrairement. En effet, dans le cas où $f(x) = Ae^{-\alpha x}$, la solution est $\varphi(x) = A \frac{\alpha^{n+1}}{\alpha^{n+1} - \lambda} e^{-\alpha x}$; au moyen de cette solution simple, on peut résoudre l'équation (2) lorsque la fonction $f(x)$ est de la forme $f(x) = \Sigma A_i e^{-\alpha_i x}$, tous les nombres α_i ayant leur partie réelle positive et les deux séries $\Sigma |A_i|$, $\Sigma |A_i \alpha_i^{n+1}|$ étant convergentes.

La solution correspondante est alors

$$\varphi(x, \lambda) = \sum \frac{A_i \alpha_i^{n+1}}{\alpha_i^{n+1} - \lambda} e^{-\alpha_i x};$$

cette fonction est holomorphe dans toute région du plan ne renfermant aucun des points α_i^{n+1}. Elle est méromorphe dans une région du plan ne renfermant qu'un nombre fini de ces points. Mais si l'on a choisi les nombres α_i de telle façon que sur un arc fini quelconque d'une courbe Γ ne passant pas par l'origine il y ait une infinité de points α_i^{n+1} (ce qu'on peut toujours faire d'une infinité de manières, si $n > 1$), on sait que la courbe Γ est une coupure naturelle pour la fonction $\varphi(x, \lambda)$ (¹).

Dans le cas de l'équation de M. Picard

$$(3) \qquad \varphi(x) = \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-|x-s|} \varphi(s)\, ds + f(x),$$

où les deux fonctions f et φ sont supposées bornées de $-\infty$ à $+\infty$, toutes les valeurs positives de λ supérieures à $\frac{1}{2}$ sont des valeurs singulières, et à chacune d'elles correspondent deux fonctions fondamentales $e^{\pm ix\sqrt{2\lambda-1}}$. Dans le cas où $f(x) = e^{\alpha i x}$, α étant réel, la solution est $\varphi(x) = \frac{(1+\alpha^2)e^{\alpha i x}}{1+\alpha^2-2\lambda}$, et à l'aide de cette solution simple on peut former, comme tout à l'heure, des fonctions $f(x)$ telles que la solution correspondante de l'équation (3) admette pour coupure naturelle un segment quelconque de l'axe réel au-delà du point d'abscisse $\frac{1}{2}$. C'est le résultat obtenu directement par M. Picard.

Les valeurs singulières de l'équation de M. Lalesco,

$$(4) \qquad \varphi(x) = \lambda \int_{0}^{+\infty} e^{-|x-s|} \varphi(s)\, ds + f(x),$$

sont les valeurs de λ pour lesquelles la partie réelle de $\sqrt{1-2\lambda}$ est inférieure à l'unité en valeur absolue.

Ces divers exemples semblent établir une différence essentielle entre l'équation régulière de Fredholm et les équations singulières. Cependant cette différence est peut-être moins absolue qu'elle le paraît au premier

(¹) H. Poincaré, *Acta Societatis Fennicæ*, t. V. — E. Goursat, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 1887.

abord. Étant donnée une équation de Fredholm à limites finies et à noyau régulier

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^b k(x, s)\,\varphi(s)\,ds + f(x), \tag{5}$$

on dit ordinairement que les singularités de la solution $\varphi(x, \lambda)$ considérée comme fonction de λ sont *indépendantes de la fonction* $f(x)$. C'est là un énoncé trop absolu. Soient en effet c un pôle de la résolvante et $\psi(x)$ une fonction fondamentale correspondante. Si l'on prend dans l'équation (5) $f(x) = \psi(x)$, la solution correspondante est $\varphi(x) = \frac{c\psi(x)}{c-\lambda}$, et n'admet que le pôle $\lambda = c$. Cette remarque, qu'il serait facile de généraliser, prouve que l'énoncé habituel doit être remplacé par le suivant : *Quelle que soit la fonction* $f(x)$, *les points singuliers de la solution* $\varphi(x, \lambda)$ *font partie d'un ensemble* (E) *constitué par les valeurs singulières*. Pour l'équation de Fredholm, cet ensemble (E) est formé par les zéros de la fonction $D(\lambda)$. Mais, sous cette forme générale, l'énoncé s'applique encore aux exemples qui viennent d'être cités.

OPTIQUE. — I. *Relations homographiques dans les systèmes de dioptres sphériques centrés.* — II. *Points stigmatiques singuliers.* Note [1] de M. **R. Boulouch**, présentée par M. E. Bouty.

Dans la relation (1) qui lie les focales sagittales [2]

$$\frac{\sin u'}{ns \sin u} - \frac{\sin u}{n's' \sin u'} = \mathcal{S}, \tag{1}$$

s et s' sont comptées à partir de l'intersection avec l'axe; u, u' sont les angles avec l'axe des rayons situés dans les milieux d'indice n et n'.

On peut trouver aussi la forme de la relation homographique qui lie les focales transverses.

Pour établir celle-ci, nous prendrons sur le rayon incident défini par l'angle u avec l'axe, une origine quelconque Ω (au voisinage de l'axe, par exemple); sur le conjugué nous prendrons l'origine Ω_1 focale transverse de Ω.

(1) Présentée dans la séance du 3 novembre 1913.

(2) *Comptes rendus*, 10 juillet 1911, p. 99.

Soient β, β_1 les distances de ces origines au point d'incidence M sur le premier dioptre; en un point variable P tel que $\Omega P = t$, supposons une focale transverse qui donnera naissance, après réfraction, à la focale transversale P_1 et posons $\Omega_1 P_1 = t_1$; si N est un point de la surface de séparation situé dans la même section principale que M et infiniment voisin, nous pouvons poser

$$M\Omega N = du, \qquad M\Omega_1 N = du_1, \qquad MPN = d\alpha, \qquad MP_1N = d\alpha_1.$$

Si i, i_1 sont les angles d'incidence et de réfraction au point N, on aura

$$PN\Omega = \delta i, \qquad P_1 N \Omega_1 = \delta i_1,$$

et à cause de la loi de Descartes

$$n\,\delta i \cos i = n_1\,\delta i_1 \cos i_1;$$

des relations évidentes

$$MN = \beta\,du : \cos i = (\beta + t)\,d\alpha : \cos i = \beta_1\,du_1 : \cos i_1 = (\beta_1 + t_1)\,ds : \cos i_1,$$
$$\beta\,\delta i = t\,d\alpha, \qquad \beta_1\,\delta i_1 = t_1\,d\alpha_1,$$
$$du = d\alpha + \delta i, \qquad du_1 = d\alpha_1 + \delta i_1,$$

on tire

$$\frac{1}{nt\,\overline{du}^2} - \frac{1}{n_1 t_1\,\overline{du_1}^2} = \frac{1}{n\beta\,\overline{du}^2} + \frac{1}{n_1\beta_1\,\overline{du_1}^2}.$$

A chaque nouveau dioptre on aura une relation analogue, les origines successives étant uniques pour un même milieu; il suffira d'une addition pour éliminer toutes les abscisses intermédiaires et l'on obtiendra

$$\frac{1}{nt\,\overline{du}^2} - \frac{1}{n't'\,\overline{du'}^2} = \frac{\tau}{du\,du'}$$

ou

(2) $$\frac{du'}{nt\,du} - \frac{du}{n't'\,du'} = \tau.$$

Cette relation ne saurait dépendre de la forme sphérique du dioptre, elle est uniquement la traduction du théorème de Fermat; en effet ce principe, appliqué à un système de quatre focales transverses situées deux à deux sur deux rayons infiniment voisins faisant entre eux l'angle du, nous a donné (¹) la relation

$$n\tau\sigma\cos a\cos b : \mu = n'\tau'\sigma'\cos a'\cos b' : \mu',$$

(¹) *Comptes rendus*, 12 août 1912, p. 423.

où $\tau\cos a$, $\sigma\cos b$ représentent les distances de deux focales infiniment voisines, comptées perpendiculairement à la bissectrice de l'angle des rayons incidents et μ la distance de ces deux petites perpendiculaires.

Dès lors, si l'on désigne par t, T, les distances de ces perpendiculaires à la focale transverse déterminée par l'intersection des deux rayons incidents, on aura

$$\mu = \mathrm{T} - t, \qquad \sigma\cos a = t\,du, \qquad \tau\cos b = \mathrm{T}\,du,$$

et de même

$$u' = \mathrm{T}' - t', \qquad \sigma'\cos a' = t'\,du', \qquad \tau'\cos b' = \mathrm{T}'\,du',$$

d'où

$$n\mathrm{T}t\,\overline{du}^2 : (\mathrm{T} - t) = n'\mathrm{T}'t'\,\overline{du'}^2 : (\mathrm{T}' - t'),$$

qui donne aisément

$$(2) \qquad \frac{1}{nt}\frac{du'}{du} - \frac{1}{n't'}\frac{du}{du'} = \frac{1}{n\mathrm{T}}\frac{du'}{du} - \frac{1}{n'\mathrm{T}'}\frac{du}{du'} = \tau.$$

II. Les points stigmatiques nous présentent l'application la plus immédiate de cette formule. Si nous considérons un rayon passant par le point stigmatique A, les abscisses s, t d'une part, s', t' d'autre part, auront même origine au point A ou au point A', et de l'ensemble de deux relations homographiques nous conclurons que :

1° Dans le cas général il existera à distance finie (ou infinie) du point A un autre point commun aux deux divisions homographiques.

2° Ce deuxième point commun pourra être infiniment voisin du point A.

3° Les deux divisions auront une infinité de points communs.

Les deux derniers cas définiront les points stigmatiques singuliers de première et de seconde espèce.

Les points singuliers de première espèce doivent satisfaire à la condition

$$du' : du = \sin u' : \sin u,$$

et l'on aura un point stigmatique singulier de seconde espèce, si, en plus,

$$\mathcal{S} = \tau.$$

Le criterium commun des points stigmatiques singuliers est donc

$$(3) \qquad \operatorname{tang}\frac{u'}{2} : \operatorname{tang}\frac{u}{2} = \text{const.}$$

incompatible avec la condition générale du stigmatisme; donc : *Il ne peut y avoir de points stigmatiques singuliers qu'aux points nodaux ou anti-nodaux.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre la chaleur de formation des mélanges binaires liquides et leur composition.* Note de M. **Émile Baud**, présentée par M. Haller.

Je me suis proposé d'établir une relation entre la chaleur de mélange de deux liquides, sans action chimique l'un sur l'autre, et leurs concentrations respectives.

J'ai choisi, dans une première série d'expériences, le cyclohexane et le dibromoéthane-1.2 dont les mélanges donnent lieu à un abaissement de température important (12°, 8 pour des volumes égaux), ce qui permet de faire des mesures assez précises, même pour de faibles concentrations de l'un des liquides. Les quantités de chaleur sont données par l'équation

$$q = kx(1-x)$$

semblable à celle que Biron [1] a établie pour les variations de volume.

Le Tableau suivant donne les valeurs du coefficient k; x et $1-x$ sont les fractions de molécule-gramme de chaque constituant pour une molécule-gramme du mélange :

$C^2H^4Br^2$ x.	C^6H^{12} $1-x$.	q.	k.
0,098	0,902	0,117	1,32
0,182	0,818	0,201	1,35
0,308	0,692	0,283	1,33
0,375	0,625	0,310	1,32
0,495	0,505	0,330	1,32
0,529	0,471	0,326	1,31
0,555	0,445	0,325	1,31
0,585	0,415	0,325	1,33
0,687	0,313	0,279	1,30
0,690	0,310	0,279	1,30
0,765	0,235	0,237	1,32
0,842	0,158	0,177	1,33
0,949	0,051	0,0656	1,35

L'équation se vérifie également avec les mélanges de benzène et de tétrachlorure de carbone, de toluène et de cyclohexane.

(1) Biron, *Journ. Soc. phys.-chim. russe*, t. XLII, 1910, p. 188, et t. XLIV, 1912, p. 1264.

Ces résultats peuvent s'expliquer assez simplement.

L'effet thermique que l'on constate dans le mélange de deux liquides A et B est la résultante :

1° Du travail dépensé pour séparer les molécules A les unes des autres;

2° Du travail dépensé pour séparer les molécules B;

3° Du travail produit par les forces attractives entre A et B.

Or, comme les actions entre molécules ne se produisent guère qu'au contact des sphères de choc, on conçoit que l'effet produit soit proportionnel au nombre de molécules différentes A et B qui se trouvent en contact à un instant donné, l'équilibre une fois établi, et par conséquent au produit des concentrations.

Il est à remarquer que le volume du mélange n'intervient pas et, cependant, dans l'exemple choisi, le volume moléculaire varie de 86, pour le dibromoéthane pur à 107, pour le cyclohexane pur.

L'équation précédente rappelle celle qui exprime que la vitesse d'une réaction monomoléculaire est proportionnelle au produit des concentrations c_1 et c_2 des corps réagissants

$$v = k c_1 c_2.$$

Dans cette dernière égalité, les concentrations expriment habituellement les nombres de molécules-gramme contenues dans l'unité de volume du mélange.

Le raisonnement précédent, qui est le même lorsqu'il y a action chimique, montre qu'il serait plus exact, dans le calcul des vitesses de réaction entre liquides, de rapporter les concentrations à un nombre total constant de molécules plutôt qu'à un volume constant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Origine des bases cycliques du goudron de houille.* Note de M. L.-C. **Maillard**, présentée par M. Armand Gautier.

Dès les premiers jours de 1912, je signalais une réaction générale des acides aminés sur les sucres, fournissant les matières humiques. Celles-ci résultent de la condensation de plusieurs molécules de sucre avec un atome d'azote aminé, condensation qui s'accompagne d'une déshydratation intense créant des doubles liaisons et peut-être des cycles. « Les substances noi-

râtres ainsi formées pourraient être des molécules polycycliques à 1[at] d'azote (¹). »

Aujourd'hui j'ai connaissance, par le plus récent fascicule d'un périodique français (²), d'un travail sur les lignites, publié par M. Ed. Donath (³), peu de temps après l'annonce de ma propre observation. L'auteur attribue les bases cycliques obtenues dans la distillation sèche des combustibles, à « des constituants azotés provenant de substances protéiniques d'origine animale », et un projet de contrôle expérimental se présente aussitôt à son esprit : « Pour terminer, on me permettra d'émettre une hypothèse : si, prenant de la cellulose à un certain degré de carbonisation et des quantités correspondantes de substances protéiniques, également à un degré de carbonisation bien déterminé, on les mélangeait et l'on soumettait la masse ainsi obtenue à la distillation sèche, on obtiendrait des produits de distillation qui se rapprocheraient beaucoup, comme constitution, du goudron de houille. »

Or le vœu de M. Ed. Donath se trouvait, en fait, réalisé déjà à l'heure même où il l'exprimait, et cela sous une forme beaucoup plus précise. J'avais en effet constaté que les molécules azotées (matières humiques) résultant de la condensation des sucres avec les aminoacides étaient, à la pyrogénation, une source intéressante de corps pyridiques : « La substance noire... renferme de l'azote en proportion notable, car à la calcination elle dégage en abondance des vapeurs pyridiques » (⁴). Le travail de M. Ed. Donath m'engage à ajouter aujourd'hui quelques mots.

Les matières humiques obtenues, dans nos recherches, par la condensation des sucres avec les divers acides aminés, dégagent avec une grande facilité des bases cycliques, lorsqu'on les chauffe : on doit donc assister au même phénomène dans la pyrogénation des matières humiques qui ont servi à former les houilles et lignites. Les bases cycliques des goudrons tirent bien leur azote des matières protéiques anciennes (⁵), cela va de soi; mais, à mon avis, elles en dérivent précisément *par l'intermédiaire des matières humiques azotées* qui résultent de la condensation des sucres (constituants de la cellulose, etc.) avec les aminoacides (constituants des protéiques). C'est la pyrogénation qui fait apparaître les bases volatiles aux dépens des matières humiques, et peut-être est-ce alors seulement que se constitue définitivement le noyau pyridique proprement dit, mais il est certain que l'union de l'azote aminé avec la chaîne carbonée des sucres était bien anté-

(¹) *Comptes rendus*, t. 154, 8 janvier 1912, p. 66.

(²) *Moniteur de Quesneville*, novembre 1913, p. 692.

(³) *Oesterreichische Chemiker Zeitung*, 1912, p. 128.

(⁴) L.-C. MAILLARD, *Genèse des matières protéiques et des matières humiques*, p. 329. Paris, Masson, 1913.

(⁵) Celles-ci peuvent être d'origine végétale aussi bien qu'animale.

rieure à la pyrogénation, puisqu'elle constitue précisément la phase initiale de la formation houillère, où l'azote est le facteur essentiel de la fossilisation [1].

On remarquera que les bases *cycliques* ainsi dérivées des protéiques empruntent leur azote tout simplement aux aminoacides *acycliques* les plus courants : leur formation ne peut donc, en aucune façon, conduire à soupçonner la présence d'un noyau pyridique préformé dans les albuminoïdes, contrairement à ce qu'on a pu croire autrefois. Quant au noyau quinoléique, on sait maintenant qu'il peut se constituer facilement par inclusion d'un carbone latéral dans le noyau pentagonal du tryptophane albuminoïde.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de décomposition des halogénoalcoylates d'hexaméthylène-tétramine.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. Haller.

On sait que l'hexaméthylène-tétramine se comporte comme une base tertiaire vis-à-vis des halogénures alcooliques en donnant naissance aux combinaisons d'addition $C^6H^{12}N^4\langle{}^{R}_{X}$; ces corps sont peu stables. M. Delépine [2] a montré que l'acide chlorhydrique concentré les hydrolyse complètement en aldéhyde formique, en ammoniaque et en une amine primaire $R-NH^2$, et d'après Hock [3], les alcalis en solution aqueuse les transforment en bases huileuses décomposables par la chaleur en ammoniaque, hexaméthylène-tétramine et trialcoyltriméthylène-triamines.

J'ai constaté que l'eau seule à l'ébullition est capable de transformer ces halogénoalcoylates et plus particulièrement ceux qui dérivent du chlorure de benzyle et des composés analogues : le résultat est assez inattendu, car on obtient l'aldéhyde correspondant au dérivé halogéné mis en œuvre.

Il suffit, en effet, de porter à l'ébullition une solution aqueuse de chlorobenzylate d'hexaméthylène-tétramine pour voir rapidement le mélange se troubler par suite de la formation d'aldéhyde benzoïque, puis celle-ci se séparer sous forme d'une huile surnageante. Si l'on soumet le tout à la distillation à la vapeur d'eau, on peut isoler

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1554, et L.-C. Maillard, *Genèse des matières protéiques et des matières humiques*, p. 378-386. Paris, Masson, 1913.

(2) *Thèse de Paris*, 1898.

(3) Brevet allemand, n° 139394 (*Chemisches Centralblatt*, t. I, 1903, p. 678).

l'aldéhyde avec un rendement de 70 à 80 pour 100 de la théorie. En la transformant en dérivée bisulfitique puis la régénérant, j'ai pu l'obtenir tout à fait pure et la caractériser par sa *phénylhydrazone* fusible à 155°, et par sa *semi-carbazone* qui fond instantanément sur le bloc Maquenne à 230°. Cette aldéhyde semble être le seul produit neutre formé dans la transformation, car je n'ai pu caractériser ni alcool benzylique, ni alcool méthylique; par contre, on peut extraire du distillat aqueux qui accompagne l'aldéhyde et du résidu de distillation correspondant, un mélange de bases volatiles où j'ai pu caractériser l'ammoniaque, la méthylamine, la diméthylamine, la triméthylamine et la benzylamine; la plus abondante est la méthylamine.

Le chlorobenzylate est si sensible à l'action de l'eau qu'on obtient déjà de l'aldéhyde benzoïque en chauffant sa solution dans l'alcool aqueux. Cette observation m'a conduit à étudier dans ce milieu la réaction du chlorure de benzyle sur l'hexaméthylène-tétramine; en chauffant pendant quelques heures au bain-marie une solution hydroalcoolique des deux réagissants en proportions moléculaires, il se produit encore de l'aldéhyde benzoïque. Le rendement est comparable à celui que j'ai précédemment indiqué; l'étude des produits accessoires conduit à des résultats également voisins. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de recourir à l'emploi de l'alcool, car la formation d'aldéhyde a déjà lieu quand on fait bouillir le chlorure de benzyle avec une solution aqueuse d'hexaméthylène-tétramine.

J'ai constaté que les bromotoluylates d'hexaméthylène-tétramine se transforment, suivant un processus analogue, en aldéhydes toluiques. Les trois bromures de toluyle $C^6H^4\langle{}^{CH^2Br}_{CH^3}$ se combinent directement avec la base en solution chloroformique pour donner les composés d'addition $C^6H^{12}N^4\langle{}^{CH^2-C^6H^4-CH^3}_{Br}$; le *dérivé ortho* fond à 198° sur le bloc Maquenne, le *dérivé méta* à 215°, le *dérivé para* à 216°. Si l'on dissout chacun de ces produits dans l'eau, puis si l'on porte à l'ébullition la solution obtenue, il y a production de l'aldéhyde toluique correspondante avec un excellent rendement.

Il semble jusqu'ici malaisé de donner une explication rationnelle de cette curieuse transformation; aucune des constitutions qu'on peut déduire pour les halogénoalcoylates de l'une des formules proposées pour l'hexaméthylène-tétramine par Duden et Scharff, Lœsekann ou Delépine ne permet de la prévoir. D'autre part, je n'ai pas encore réussi à isoler de terme de passage entre le produit initial et l'aldéhyde. La production, relativement abondante, de méthylamine permet toutefois d'envisager la possibilité d'une formation primaire de méthylène-benzylamine et de son

isomérisation en benzylidène-méthylamine

$$C^6H^5.CH^2.N:CH^2 \rightarrow C^6H^5.CH:N.CH^3.$$

J'ajouterai que la production transitoire de la méthylène-benzylamine a déjà été mise en évidence par Delépine, dans la transformation du chlorobenzylate d'hexaméthylène-tétramine en benzylamine, au moyen de l'acide chlorhydrique.

MINÉRALOGIE. — *Sur les figures de déshydratation de l'oxalate de potassium.* Note de M. C. **Gaudefroy**, présentée par M. Wallerant.

L'oxalate de potassium présente un nouveau cas de figures polygonales dérivées d'un *polyèdre de déshydratation* (1).

Ses cristaux monocliniques à 1^{mol} d'eau, portés à la température d'environ 100° dans un tube fermé contenant de l'alcool préalablement desséché par le sulfate de cuivre anhydre, se couvrent, au bout de quelques instants, de figures ayant des côtés rectilignes très nets.

Physiquement, chacune d'elles est constituée d'une lame cristalline enchâssée dans le cristal primitif, très biréfringente, montrant de belles teintes de polarisation qu'on observe en plaçant le cristal primitif à l'extinction entre nicols croisés. Cette lame se fendille bientôt en une multitude de paillettes, qui, vues par réflexion, forment une tache blanche effleurie.

La matière ainsi transformée est, autant qu'on peut en juger, de l'oxalate anhydre. Pour l'analyser, je soumets des cristaux réduits en poussière aux mêmes conditions, mais en renouvelant plusieurs fois l'alcool, dont je fais évaporer les derniers restes à froid, en présence de l'acide sulfurique. L'eau perdue par cette poussière approche 1^{mol}. D'ailleurs, les cristaux d'oxalate chauffés dans l'air à cette température s'effleurissent et perdent toute leur eau de cristallisation; de plus, les figures par lesquelles débute ce phénomène sont des polygones analogues aux précédents, mais peu nets.

Ces figures, hexagones, triangles, rectangles, losanges, parallélogrammes, varient d'une face à une autre, mais leurs côtés sont toujours parallèles aux axes de zone qui passent par la face où elles se forment. Elles sont symétriques par rapport au plan de symétrie du cristal sur les faces de la zone ph^1. Sur une même face les côtés n'ont pas toujours la même longueur relative, certains peuvent ne pas apparaître; ou bien, par exception, les angles peuvent être tronqués par des côtés surnuméraires.

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, t. 156, 5 mai 1913, p. 1387.

Toutes les combinaisons de formes se résument dans la règle suivante : *une figure quelconque est semblable à l'intersection de la face sur laquelle elle se produit avec un polyèdre cristallographiquement identique au cristal primitif*, ayant comme lui les faces p, a^1, h^1, o^1, $d^{\frac{1}{2}}$, $b^{\frac{1}{2}}$.

Les figures obtenues sur les surfaces de cassure conchoïdales confirment cette règle : une surface de cassure à peu près perpendiculaire à l'axe de zone $o^1 d^{\frac{1}{2}}$ donne des figures curvilignes dont les côtés sont néanmoins parallèles aux deux sortes de faces $d^{\frac{1}{2}}$ et à la face o^1.

On peut en conclure que *la masse déshydratée se limite à un polyèdre identique au cristal qu'elle ronge.*

La forme de ces figures ne peut pas être attribuée aux défauts de constitution survenus aux cristaux pendant leur croissance. Les cristaux qui m'ont servi ont l'aspect, tantôt de longs prismes formés par les quatre faces $d^{\frac{1}{2}}$, tantôt de tables très minces aplaties parallèlement à $d^{\frac{1}{2}}$ ou à p. Néanmoins les figures sont les mêmes, qu'elles viennent sur des prismes ou des tables, qu'elles naissent au milieu des faces ou sur les bords, sur une face de clivage ou même de cassure conchoïdale, qu'elles naissent spontanément ou qu'on les provoque par des germes, comme je l'ai fait dans des circonstances où l'expérience le permettait, sur des corps présentant le même genre de figures de déshydratation polyédriques : les sulfates de zinc et de magnésium (¹). Enfin, ces figures s'accroissent toutes d'un mouvement continu jusqu'à ce qu'elles rencontrent les autres, en conservant leur régularité pendant cet intervalle.

Chaque point du cristal peut donc être atteint par l'une quelconque des faces du polyèdre de déshydratation : toutes, par conséquent, sont susceptibles de s'y développer.

Ce qu'il faut attribuer aux défauts de constitution, ce sont les malformations accidentelles des figures, les côtés qui manquent ou ne se forment que par exception. Ces variations ressemblent à celles qui surviennent dans la croissance des cristaux : inclusions, richesse ou pauvreté des formes cristallographiques, variation de leur importance relative.

En un mot, la déshydratation polyédrique est aussi normale que la cristallisation polyédrique.

(¹) Cf. *Comptes rendus*, t. 157, 7 juillet 1913, p. 61.

CHIMIE AGRICOLE. — *Déplacement de la potasse contenue dans certaines roches feldspathiques par quelques substances employées comme engrais.* Note de M. G. **André**, présentée par M. A. Gautier.

On sait, par les travaux d'un grand nombre de savants, que la trituration de fragments de roches feldspathiques au contact de l'eau tenant en dissolution certaines substances (sels ammoniacaux, chlorure de sodium, etc.) est accompagnée de phénomènes de double décomposition. Quelques-uns des constituants du feldspath sont ainsi déplacés et entrent en dissolution, la potasse notamment.

I. J'ai repris cette question du déplacement de la potasse chez un feldspath microcline d'Utöe, en opérant à la température ordinaire, et en procédant de telle façon que les parois du vase dans lequel se produit la réaction soient sans influence sensible sur la marche de celle-ci, précaution qui n'a pas toujours été observée dans les expériences antérieures.

Dans un grand mortier d'agate, 10g à 20g du feldspath, préalablement broyé et passé au tamis n° 70, sont noyés dans 100^{cm^3} d'eau, avec addition de l'un des corps suivants : sel marin, carbonate de calcium, phosphates tri- et monocalcique, nitrate de sodium, sulfate d'ammonium, sulfate de calcium. Un petit moteur électrique actionne le pilon du mortier à raison de 90 tours à la minute; l'expérience est prolongée pendant 130 heures. En vue d'analyser les substances qui sont entrées en dissolution pendant cette action mécanique. Sans attendre le dépôt définitif des particules solides dont quelques-unes demeureraient en suspension pendant plusieurs mois, on verse le contenu du mortier sur un filtre de collodion un peu épais. A l'aide d'une faible dépression dans le vase qui soutient le filtre, on obtient le passage d'un liquide absolument limpide, dans lequel on recherche et dose la potasse suivant les méthodes connues. Une première expérience, faite sur le feldspath seul, donne la quantité de potasse capable de se dissoudre pendant la trituration de la roche au contact de l'eau et du gaz carbonique aérien.

Le feldspath microcline dont je me suis servi contenait, dans 100 parties : $SiO^2 = 66,03$; $Al^2O^3 = 19,12$; $K^2O = 11,38$; $Na^2O = 2,96$; $CaO = 0,22$; $Fe^2O^3 =$ traces et $MgO =$ traces; total $= 99,71$.

Voici le résultat des dosages de potasse entrée en dissolution au bout de 130 heures :

Poids du feldspath employé.	Poids des matières ajoutées.	K^2O solubilisée.	K^2O solubilisée. pour 100 du poids du feldspath.	K^2O solubilisée. pour 100 de K^2O contenue dans le feldspath.
g 10	0	g 0,0112	0,112	0,98
10	0	0,0139	0,139	1,22
20	$NaCl = 1^g$	0,0741	0,37	3,25
15	$CO^3Ca = 1^g$	0,0407	0,27	2,38
15	$(PO^4)^2Ca^3 = 1^g$	0,0336	0,22	1,96
15	$(PO^4)^2CaH^4 = 1^g$	0,0667	0,44	3,90
15	$NO^3Na = 1^g$	0,0548	0,36	3,21
15	$SO^4(NH^4)^2 = 1^g$	0,1260	0,84	7,38
15	$SO^4Ca = 1^g$	0,0552	0,36	3,23

On voit, d'après les chiffres inscrits dans ce Tableau, que les substances additionnelles, triturées en présence de l'eau et du microcline, ont toujours déplacé une quantité de potasse supérieure à celle qu'a fournie l'eau seule. L'origine des matières minérales dissoutes dans les liquides du sol doit être cherchée dans la réaction de l'eau, plus ou moins chargée de gaz carbonique, sur les particules rocheuses qui seront d'autant plus attaquables qu'elles auront atteint un plus grand degré de finesse. Mais ce pouvoir dissolvant de l'eau s'exalte toujours lorsque celle-ci renferme en dissolution, soit des substances que la plupart des sols contiennent normalement (calcaire, plâtre), soit des matières fertilisantes intentionnellement déposées. Il semble donc qu'on puisse attribuer avec certitude l'élaboration de ce qu'on nomme les *dissolutions du sol* à de semblables actions de contact que les expériences actuelles ne font que rendre plus intimes.

II. Parmi les résultats les plus nets ici obtenus, il faut citer le déplacement de la potasse par la soude lorsqu'on triture ensemble, soit le microcline et le sel marin, soit le microcline et le nitrate de sodium. La quantité de potasse déplacée est presque identique dans les deux cas. Ce déplacement permet d'expliquer l'action favorable du sel marin, employé parfois sous forme d'engrais, comme solubilisateur de la potasse. Il faut noter également que le nitrate de sodium, si fréquemment utilisé comme source d'azote, peut fournir en même temps aux végétaux une certaine dose de potasse par suite d'un phénomène de double décomposition au contact de fragments feldspathiques. En outre, on remarquera que des substances très peu solubles dans l'eau, telles que CO^3Ca ou $(PO^4)^2Ca^3$, mais dont la solubilité augmente en raison de la tension du gaz carbonique dans l'atmosphère interne des

sols, exercent sur le déplacement de la potasse une action qui n'est pas négligeable. Le sulfate de calcium, peu soluble, et, surtout, le phosphate monocalcique, très soluble, réagissent plus énergiquement. L'effet de ce dernier sel, opposé à celui du phosphate tricalcique, pourra n'être que de courte durée dans le cas d'un sol calcaire où les phénomènes de rétrogradation le ramèneront plus ou moins vite à l'état de phosphate tricalcique. Le sulfate d'ammonium est particulièrement actif pour déplacer la potasse, ainsi que l'avait observé Dietrich, il y a déjà longtemps.

En résumé, on voit quel rôle important les phénomènes de double décomposition doivent jouer dans le sol vis-à-vis de la formation des dissolutions nutritives lorsque les éléments minéraux de la terre arable, additionnés de substances fertilisantes, sont amenés à un état de finesse telle qu'ils peuvent réagir plus aisément les uns sur les autres.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Stilbum flavidum *Cooke, parasite du Caféier et sa place dans la classification.* Note de MM. **A. Maublanc** et **E. Rangel**, présentée par M. E. Prillieux.

On sait que le *Stilbum flavidum* Cooke est un parasite répandu dans toute l'Amérique tropicale et subtropicale où il produit des taches arrondies et desséchées sur les feuilles du Caféier. Nous avons eu récemment l'occasion d'étudier de nombreux échantillons de ce Champignon récoltés aux environs de Rio de Janeiro, tant sur le Caféier que sur d'autres espèces : *Eriobotrya japonica* (échantillons provenant de Petropolis et dus à l'obligeance de M. A. Puttemans), Mélastomacées, Composées et Rubiacées diverses. Le *Stilbum* est en effet capable d'envahir un grand nombre de plantes; c'est sans doute une espèce qui, dans l'ombre de la forêt, vit sur les arbustes et qui de là a pu passer sur le Caféier, plante introduite. Cette origine explique la localisation du parasite qui, au Brésil, n'existe que dans la zone littorale où il trouve l'humidité nécessaire à son développement.

Le *Stilbum flavidum* a déjà fait l'objet de nombreux travaux, notamment de la part de Kohl et Puttemans [1] qui ont mis en relief une structure complexe très caractéristique; malgré cela, sa place dans la classification

[1] Pour la bibliographie relative au *Stilbum flavidum*, nous renvoyons à l'Ouvrage suivant : Dr G. Delacroix, *Maladies des plantes cultivées dans les pays chauds*, 1 vol., Paris, 1911, p. 313 et suiv.

était jusqu'à ce jour restée indécise, par suite de la stérilité des petites têtes jaunes constituant tout le Champignon.

Pour tenter de résoudre cette question, nous avons placé dans un milieu saturé d'humidité des feuilles diverses attaquées par le *Stilbum* et avons obtenu à plusieurs reprises, à côté des filaments stériles bien connus, de petits Agarics jaunes appartenant au genre *Omphalia* dont ils paraissent constituer une espèce nouvelle, l'*Omphalia flavida*. La similitude complète de coloration, la localisation de ces Basidiomycètes sur le bord des taches pouvaient faire penser à une relation avec le *Stilbum*, et c'est ce que nous avons pu vérifier.

En premier lieu, sur certaines taches, on peut trouver tous les intermédiaires entre le *Stilbum flavidum* et l'*Omphalia flavida;* à côté d'Agarics bien développés, on voit en effet des exemplaires à pied court, à chapeau épais, céracé, à lames réduites à des plis plus ou moins saillants. On peut ainsi établir une série reliant les formes extrêmes.

En second lieu, l'identité de ces deux formes est démontrée par la structure microscopique de l'*Omphalia* dans lequel on retrouve tous les éléments du *Stilbum :* c'est ainsi que la surface du chapeau est constituée par une couche de cellules claviformes, tandis que le bord présente des vésicules arrondies ornées d'excroissances irrégulières.

On doit donc considérer le *Stilbum flavidum* comme un état avorté et stérile de l'*Omphalia flavida*. L'absence d'organes reproducteurs chez le premier est compensée par le retour à l'état végétatif des cellules claviformes qui tapissent le chapeau atrophié, et ce retour permet la reproduction du parasite, puisque les petites têtes peuvent se détacher et se fixer sur des feuilles saines que pénètrent les filaments provenant du développement des cellules superficielles.

C'est là le mode ordinaire de reproduction du parasite; les *Omphalia* exigent en effet pour apparaître des conditions d'humidité persistante qui doivent se trouver bien rarement réalisées dans la nature, même dans la forêt pendant la saison des pluies. Cette persistance d'une grande humidité est une condition indispensable pour la production des Agarics; mais ce n'est pas la seule et il semble que l'*Omphalia* ne prenne naissance que sur des taches récemment formées et seulement sur leur pourtour, c'est-à-dire dans la région où le mycélium est jeune et pourvu d'une abondante nourriture.

En résumé, des faits précédents on peut tirer les deux conclusions suivantes :

1° Le *Stilbum flavidum*, loin d'être un parasite spécial du Caféier, est une espèce qui croît sur les plantes les plus variées de la forêt et s'est attaquée au Caféier dans les localités où elle a trouvé les conditions de chaleur humide nécessaires à son développement;

2° Le *Stilbum flavidum* est un état avorté et stérile d'un Basidiomycète, l'*Omphalia flavida* n. sp.; ce dernier, par suite des conditions d'humidité qu'il exige, ne doit se produire qu'exceptionnellement dans la nature; mais, grâce au retour à l'état végétatif des têtes stériles du *Stilbum*, l'apparition de la forme parfaite fertile n'est pas indispensable pour assurer la reproduction et l'extension du parasite.

BOTANIQUE. — *Sur le fruit des* Mesembryanthemum *et sur sa déhiscence.* Note de M. G. **Barthelat**, présentée par M. Guignard.

La déhiscence des fruits à péricarpe sec s'effectue, comme on le sait, sous la seule influence de la dessiccation et par la contraction de certains éléments (fibres et cellules) de disposition et de structure spéciales. A cette règle font exception un grand nombre de *Mesembryanthemum* et notamment plusieurs espèces (*M. blandum*, *violaceum*, *linguæforme*, *caninum*, *rhomboideum*, *scapigerum*, *Lehmanni*, *Cooperi*, etc.) que nous avons eu l'occasion d'étudier au cours de recherches que nous poursuivons sur la structure anatomique des Mésembryanthémacées.

Chez ces espèces, le fruit est une capsule pluriloculaire dont les loges (5, 6, 10 et au-dessus, suivant l'espèce), séparées par des cloisons mitoyennes minces, s'ouvrent au sommet et se referment par des valves dont la mise en mouvement n'a lieu que par l'action de l'eau.

Cette curieuse déhiscence, à la fois septicide et loculicide, a déjà attiré l'attention [1] et a valu au fruit de *M. linguæforme* le nom caractéristique « d'étoile de résurrection »; mais, à notre connaissance, son mécanisme, assez complexe, est demeuré jusqu'ici incomplètement étudié.

Au cours de la maturité, les cellules très allongées de l'épiderme interne des loges, ainsi que celles des assises voisines du mésocarpe, lignifient fortement leurs membranes. Dans les cloisons, les assises moyennes seules restent parenchymateuses et la sécheresse détermine alors une contraction transversale de ces éléments lignifiés et le dédoublement de ces cloisons à leur partie supérieure, en deux lames minces qui se rabattent, de chaque côté, sur les deux loges adjacentes.

Simultanément, et toujours sous l'influence de la sécheresse, la majeure partie du mésocarpe, restée parenchymateuse et très charnue, se flétrit lentement et ses éléments s'affaissent. Il en résulte une contraction externe des parois de la capsule et la formation de lignes de déhiscence, préparées d'autre part par une lignification locale du mésocarpe, qui sont disposées comme des rayons à la face supérieure du fruit et qui correspondent au milieu de fausses cloisons situées au sommet des loges.

---

(1) A. Berger, *Mesembryanthemum*. Stuttgart, 1908, p. 10. — E. Fischer, *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 1909, p. IX.

Puis, si l'état atmosphérique ne change pas, les valves ainsi découpées restent en place. Mais, en cas de pluie, ces valves se soulèvent, se redressent, se recourbent plus ou moins en dehors, et, en quelques minutes, les loges se trouvent ouvertes.

Cette dernière phase de la déhiscence est provoquée par le jeu d'*organes hygroscopiques*, ayant la forme de languettes colorées en jaune brun, qui sont placées immédiatement sous les valves et de chaque côté des cloisons qui séparent les loges.

En étudiant le développement et la structure de l'ovaire, on constate que ces languettes hygroscopiques proviennent d'une différenciation spéciale et localisée de l'épiderme interne des loges. Leurs cellules, d'abord rectangulaires, très étroites, s'allongent beaucoup et de bonne heure en direction radiale, c'est-à-dire vers l'intérieur des loges; leurs membranes mitoyennes, excessivement minces au début, s'épaississent bientôt et se lignifient en présentant de petites ponctuations ovales. Pendant cette modification, la cavité cellulaire se remplit d'une *substance mucilagineuse*, faiblement jaunâtre, qui se dépose sur la membrane primitive en couches stratifiées et en ne laissant, au centre, qu'un lumen très réduit.

Cette substance mucilagineuse se colore avec facilité, soit par le rouge de rhuténium, soit par l'hématoxyline alcoolique de Delafield. Elle se gonfle rapidement au contact de l'eau et le volume initial des cellules et, par suite, celui des languettes augmente dans de fortes proportions. Comme conséquence, une pression s'exerce de bas en haut, sous les valves de la capsule, et amène l'ouverture des loges.

Par la dessiccation, les languettes reprennent leur volume initial et les valves s'abaissent en refermant le fruit. Ce mécanisme peut d'ailleurs se répéter à volonté chez certaines espèces.

A vrai dire, le soulèvement des valves ne suffit pas toujours, à lui seul, pour entraîner la dissémination des graines, car, ainsi qu'on l'a vu précédemment, les cloisons séparatrices des loges se dédoublent au moment de la maturité et se rabattent sur les loges voisines en ne laissant, chez plusieurs espèces, qu'une ouverture trop étroite pour la sortie des graines. Il faut donc, dans ce dernier cas, qu'une action mécanique (telle que la chute de quelques gouttes de pluie?) intervienne pour que les semences puissent quitter les loges qu'elles occupent.

En résumé, ce mode de déhiscence est bien différent de celui qu'on observe habituellement chez les fruits secs, et il est parfaitement adapté au climat sous lequel végètent les *Mesembryanthemum* ([1]). Il rappelle, jusqu'à un certain point, les cas exceptionnels présentés par de rares Graminées ([2]) chez lesquelles la déhiscence du caryopse s'effectue, grâce à une modification du mésocarpe qui devient mucilagineux.

([1]) Chez quelques espèces étudiées (*M. cordifolium*, *angulatum*), le mécanisme de la déhiscence est plus simple; chez quelques autres (*M. edule* et espèces affines), le fruit est indéhiscent.

([2]) P. Guérin, *Recherches sur le développement du tégument séminal et du péricarpe des Graminées* (*Ann. sc. nat.*, t. IX, 1899, p. 25).

MÉDECINE. — *Détermination de la dose minima infectante par inhalation, dans la tuberculose.* Note de M. **P. Chaussé**, présentée par M. E. Roux.

Quelques expérimentateurs ont cherché à déterminer la dose minima nécessaire pour infecter les animaux par les voies respiratoires. Chez le cobaye, les évaluations faites, en opérant par dilution, sur un petit nombre de sujets, ont été de 38 bacilles humains (Preyss, 1891), 62 bacilles bovins (Findel, 1907), 50 bacilles humains (Alexander, 1908), 50000 bacilles humains desséchés (Köhlisch, 1908), 40000 bacilles humains (Reichenbach, 1908). Chez le chevreau, Reichenbach (1908) trouve qu'il faut au moins $\frac{1}{10}$ de milligramme de culture, soit 4 millions de germes; enfin, pour le bœuf, Weber et Titze (1910) estiment cette dose à 400000 bacilles bovins.

Nos précédentes recherches sur la pulvérisation colorée ou bacillaire (*Comptes rendus*, 24 février et 25 mars 1913) nous ont permis, croyons-nous, de fixer cette dose d'une manière indiscutable.

L'une de nos conclusions était que la possibilité, pour les particules inhalées, de parvenir aux alvéoles pulmonaires, dépend de conditions purement physiques : la ténuité de ces particules (2 à 15 microns environ) et leur force vive, presque nulle, font qu'elles peuvent atteindre ces alvéoles après s'être réfléchies avec l'air sur tous les obstacles rencontrés : toutes les divisions munies de cils vibratils sont efficacement défendues contre l'infection par ce virus dont la multiplication est lente. Nous supposons avoir affaire ici à des bacilles sortant de l'organisme, c'est-à-dire de virulence entière, et à des animaux réceptifs.

Première méthode d'évaluation. — Cette méthode tient compte de la quantité totale de bacilles pulvérisée, du temps de suspension du virus, de la quantité d'air inhalée pendant ce temps et du nombre des tubercules primitifs déterminés dans le poumon; avec des doses modérées ces lésions peuvent être dénombrées assez exactement 30 à 35 jours après l'infection.

La quantité de bacilles pulvérisée est connue par une numération micrométrique faite avec la dilution.

Nous avons déterminé le temps de suspension par colorimétrie (*Comptes rendus*, 24 février 1913), et nous avons établi la courbe de chute des particules liquides en faisant un dosage à divers délais après la pulvérisation ; nous portons les temps sur la ligne des abscisses ; prenant une ordonnée initiale égale à 1 (quantité pulvérisée), et exprimant les ordonnées suivantes, aux divers temps, en fonction de cette ordonnée initiale, il suffit de réunir les sommets. La méthode colorimétrique ne nous a permis

d'apprécier que jusqu'à la fin de la deuxième heure; le temps total de suspension, qui est de 7 heures, a été évalué avec le virus tuberculeux. On constate que la chute est d'abord extrêmement rapide; elle se ralentit brusquement en quelques minutes et, après, 100 à 120 minutes, la courbe fait un angle très aigu avec la ligne des abscisses; étant donné qu'à ce moment la quantité de virus suspendu est très faible et la chute très lente, on peut, sans commettre d'erreur appréciable, considérer la courbe comme une ligne droite.

Nous éliminons une première cause d'erreur, due aux grosses gouttelettes, qui tombent rapidement, en ne faisant notre calcul qu'avec des animaux exposés quelques minutes après une pulvérisation de courte durée; pour cela il nous suffit de mettre ces animaux dans des boîtes métalliques étanches, ouvrables de l'extérieur au délai voulu.

Comme volume d'air inhalé, nous prenons celui indiqué par les Traités de Physiologie.

Afin de simplifier le calcul, dans plusieurs expériences nous avons déterminé quelles sont les ordonnées moyennes, aux divers délais après la pulvérisation jusqu'à la fin du temps de suspension, c'est-à-dire les proportions de virus suspendues, et supposées constantes, qui sont équivalentes aux proportions variables. Nous trouvons que les ordonnées moyennes sont, par exemple: à partir du temps zéro, $\frac{1}{372}$; après 5 minutes, $\frac{1}{949}$; après 10 minutes, $\frac{1}{1355}$; après 30 minutes, $\frac{1}{3733}$; après 1 heure, $\frac{1}{8795}$, etc.

Ceci étant connu, prenons un seul exemple: dans une salle de 13^{m^3} nous pulvérisons 90 millions de bacilles humains de crachats frais; les cobayes exposés à l'infection après 10 minutes contractent chacun 230 tubercules pulmonaires primitifs.

L'ordonnée moyenne étant, après ce délai, $\frac{1}{1355}$, la quantité des virus restant dans l'air et supposée constante jusqu'à la fin de la septième heure, est de $\frac{90000000}{1355}$, soit 66400 bacilles pour 13000^{l} d'eau ou 5 bacilles par litre. Pendant ce temps les cobayes ont inhalé 14^{l} d'air à l'heure, ou $95^{l},6$, contenant 478 bacilles. Comme ils présentent 230 tubercules primitifs, la dose minima nécessaire pour obtenir un seul de ces tubercules est de $\frac{478}{230}$ on deux bacilles. Il importe de remarquer ici qu'une partie des bacilles inhalés peut avoir une vitalité trop faible.

Cette lésion unique a été obtenue par nous maintes fois dans la tuberculose expérimentale ou spontanée du cobaye (par cohabitation); elle existe dans la tuberculose naturelle chez l'homme et le bœuf.

D'autres exemples nous donneraient un chiffre un peu supérieur pour la dose minima.

Deuxième méthode d'évaluation. — Nous considérons aujourd'hui le calcul précédent comme superflu, *la dose minima infectante étant nécessairement l'unité*, pour plusieurs raisons. En effet, notre dilution infectante contient 1 million de bacilles par centimètre cube; le pulvérisateur donne au moins 100 millions de particules par centimètre cube; il en résulte que les particules les plus fines, et de

beaucoup les plus nombreuses, les seules qui soient infectantes, ne contiennent le plus souvent aucun bacille et qu'elles en contiennent rarement plus d'une unité.

Il n'est donc pas possible de supposer que, pour une teneur de quelques bacilles par litre d'air inhalé (le cobaye inhale à la fois 2^{cm^3} à 4^{cm^3}), ces bacilles iront précisément se réunir dans le même alvéole pulmonaire.

Conclusions. — L'étude des conditions de la pulvérisation liquide et le calcul approximatif nous démontrent donc que les bacilles inhalés se comportent comme de véritables graines; selon que la vitalité de ces graines est plus ou moins intacte, et selon l'aptitude de l'organisme à la culture, *le tubercule théoriquement réalisé par tout bacille qui arrive dans les alvéoles progresse avec une activité variable.* Nous avons démontré d'autre part que, pour produire la tuberculose pulmonaire nettement évolutive, même chez le cobaye, il faut des bacilles de vitalité presque intacte (*Comptes rendus,* 26 août 1912), parce que ces bacilles, étant isolés, sont phagocytés dans le cas contraire. Nous avons également là l'explication de ces tuberculoses de l'enfant et du bœuf, à foyer pulmonaire initial unique, et de ce petit nombre de tubercules pulmonaires enkystés rencontrés communément chez l'homme adulte et dont les auteurs discutent l'origine.

Enfin, la respirabilité dépendant de conditions simplement physiques, *la dose minima infectante par les voies respiratoires est nécessairement égale à l'unité, chez toutes les espèces réceptives*, ce que l'expérience confirme également.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence du tréponème dans le sang des paralytiques généraux.* Note de M. C. **Levaditi**, présentée par M. E. Roux.

Grâce à l'emploi du procédé de Levaditi (imprégnation argentique), Noguchi (1) a démontré la présence du tréponème pâle dans le cerveau des paralytiques généraux et cette découverte a été confirmée par Marinesco et Minea (2), et par Levaditi, Marie et Bankowski (3). Ces derniers auteurs ont de plus indiqué des méthodes rapides, permettant de déceler le spirochète dans l'écorce cérébrale de presque tous les paralytiques morts en ictus.

(1) Noguchi, *C. R. de la Soc. de Biolog.*, 1913, t. LXXIV, n° 7.
(2) Marinesco et Minea, *Bull. de l'Acad. de Médecine*, 1913, n° 12.
(3) Levaditi, Marie et Bankowski, *Ann. Pasteur*, 1913, n° 7, p. 577.

Ils ont insisté sur les rapports probables entre l'ictus apoplectiforme et la pullulation du tréponème au niveau des zones motrices du cerveau.

Nous nous sommes demandé si l'infection spécifique, chez les paralytiques généraux, est limitée au cerveau, ou bien, s'il s'agit d'une généralisation du virus dans le sang et les organes, avec localisation accidentelle dans l'écorce cérébrale. Nous avons, en collaboration avec M. Danulesco et dans le service de M. Marie (de Villejuif), recherché le tréponème dans le sang circulant des paralytiques généraux, au moyen de l'inoculation aux animaux. La méthode dont nous nous sommes servi est celle indiquée par Uhlenhuth et Mulzer, à savoir l'inoculation de sang, fraîchement recueilli, dans le testicule et le scrotum des lapins. Nous avons enregistré un résultat positif, dont voici les détails :

Le 26 mai 1913, nous prélevons directement dans la veine, 10^{cm^3} de sang, chez sept malades, dont cinq paralytiques généraux (un à la première période, deux à la seconde et deux à la troisième), un tabétique et un maniaque suspect de syphilis. Le sang, non défibriné, est immédiatement inoculé à des lapins (deux pour chaque malade), soit dans le testicule, soit sous la peau du scrotum.

Parmi ces malades, L..., paralytique général à la troisième période, âgé de 37 ans, était *syphilitique depuis 15 ans*. La paralysie générale, reconnue en juin 1912, datait d'environ deux ans. Elle était typique au moment du prélèvement du sang : affaiblissement des facultés intellectuelles avec euphorie et idées de satisfaction, troubles de la parole, inégalité pupillaire avec réflexes paresseux. Wassermann positif avec le sang.

Tous les lapins inoculés ont eu des réactions inflammatoires locales quelques jours après l'injection du sang. Vers le 15 juin, ces réactions avaient notablement diminué et, chez la plupart d'entre eux, il ne restait aucune trace le 20 juillet. Seul, le lapin n° 27, qui avait été inoculé avec le sang du malade L..., présentait à ce moment un petit nodule. Or, après une incubation de 127 jours, nous constatons chez ce lapin une lésion scrotale bilatérale. Il s'agit de papules confluentes, légèrement érodées, couvertes de squames; le tissu sous-jacent est épaissi, légèrement œdémateux.

L'examen à l'ultra-microscope montre un très grand nombre de tréponèmes caractéristiques, très mobiles.

Cette expérience prouve que le spirochète peut circuler dans le sang des paralytiques généraux et qu'on peut l'y déceler par l'inoculation scrotale et testiculaire au lapin. Ce qui est frappant, c'est la persistance du parasite dans le sang, longtemps après le début de la syphilis (15 ans). Nous n'avons eu qu'un résultat positif sur six essais (5 paralytiques et 1 tabétique); il semble donc que le germe n'existe pas constamment dans la

circulation générale; peut-être n'y apparaît-il que d'une façon intermittente, pendant les phases qui précèdent ou qui accompagnent les poussées cérébrales.

Des recherches analogues aux nôtres ont été déjà faites, en particulier par Uhlenhuth et Mulzer [1], mais sans succès (inoculation de sang et de liquide céphalo-rachidien). Seul Graves [2] a décelé le tréponème dans le sang de deux tabétiques, par la même inoculation au lapin. Noguchi [3] et None [4] disent que Graves aurait obtenu un résultat positif avec le sang d'un paralytique, mais Frühwald [5], qui cite en détail le travail de Graves, ne parle que des deux cas de tabès. Malheureusement, n'ayant pas pu nous procurer ce travail, il nous a été impossible de vérifier ce point de bibliographie.

MÉDECINE. — *Sur l'existence des corpuscules de Negri dans les ganglions nerveux des glandes salivaires chez les animaux rabiques.* Note de M. Y. **Manouélian**, présentée par M. E. Roux.

Depuis Negri, on sait qu'il existe dans le système nerveux central, dans la corne d'Ammon notamment, des animaux atteints de rage, des corpuscules spécifiques, souvent uniformes, siégeant dans le cytoplasme des cellules nerveuses. Les corpuscules, étant presque constants, présentent une grande valeur pour le diagnostic de cette maladie.

Nous nous sommes demandé si ces corpuscules existaient dans les glandes salivaires des animaux enragés; nous avons examiné à cet effet la glande sous-maxillaire et la parotide chez un assez grand nombre de sujets. Nous relaterons pour le moment nos recherches faites chez une vingtaine de chiens dans le cours de la rage des rues [6].

Nous affirmerons qu'il n'existe pas de corpuscules de Negri dans le parenchyme glandulaire; cellules des acini et des canaux excréteurs; mais on en trouve et en grand nombre dans le cytoplasme des cellules nerveuses

(1) Uhlenhuth et Mulzer, *Berlin. klin. Woch.*, 1913, n° 44, p. 2031.
(2) Graves, *Interstate med. Journ.*, 1913, t. XX, n° 6.
(3) Noguchi, *La Presse médicale*, 1913, n° 81, p. 806.
(4) None, *Berlin. klin. Woch.*, 1913, p. 1542.
(5) Frühwald, *Wiener. klin. Woch.*, 1913, n° 42, p. 1709.
(6) Pour la technique employée voir *Annales de l'Institut Pasteur*, décembre 1912, p. 974.

des ganglions qu'on rencontre constamment dans le tissu interstitiel de ces glandes.

Il y a pourtant des causes d'erreur sur lesquelles nous tenons à insister : la confusion, possible par les chercheurs peu avertis, des corpuscules d'origine leucocytaire et de débris de cellules glandulaires avec les corps de Negri.

En effet, chez les chiens atteints de rage des rues, on constate une invasion considérable de leucocytes polynucléaires dans les *acini* et les canaux excréteurs. Ces éléments se détruisent vite : leur noyau se fragmente en granulations qui présentent des vacuoles et des sphérules dans leur intérieur, et de basophiles qu'elles étaient deviennent acidophiles. La méthode de Mann les colore alors en rouge; puis ces granulations deviennent de plus en plus pâles. Nous suivrons bientôt toutes les phases du processus qui aboutit en certaines régions à la transformation complète du parenchyme glandulaire. Pour le moment, mettons en garde les auteurs, qui, après un examen superficiel, pourraient prendre ces débris d'origine nucléaire pour des corpuscules de Negri.

Il existe aussi d'autres formations plus rares, de volume plus considérable, qui pourraient donner le change. Il s'agit de résidus de cellules glandulaires ayant subi la dégénérescence hyaline. On y constate l'existence d'inclusions rappelant celles des corpuscules de Negri.

Comme nous l'avons dit, dans les glandes salivaires, il existe de nombreux centres nerveux : les uns microscopiques, les autres visibles à l'œil nu sur des coupes colorées; tous ces ganglions sont composés de cellules à type sympathique. Or nous savons que, dans la rage, les ganglions sympathiques présentent comme les ganglions cérébro-spinaux, à un degré moins marqué toutefois, diverses lésions dégénératives des cellules nerveuses, et surtout les lésions décrites par la première fois par van Gehuchten et Nelis. Il s'agit d'une invasion de mononucléaires qui finissent par détruire et faire disparaître la cellule nerveuse altérée sous l'influence du virus rabique et s'installent à sa place ; dans les ganglions nerveux des glandes salivaires, on peut rencontrer ces lésions.

De plus, nous savons qu'il existe des corpuscules de Negri dans les ganglions spinaux ainsi que dans les ganglions sympathiques. Dans nos coupes de glandes salivaires rabiques le cytoplasme des cellules nerveuses renfermait un grand nombre de corpuscules de Negri, alors que nous n'en avons jamais observé dans les cellules glandulaires, ni dans la lumière des acini, nidans celle des canaux excréteurs.

Nous ferons remarquer un fait qui montre combien ces corpuscules sont spécifiques aux cellules nerveuses. Dans les troncs nerveux qui accompagnent les vaisseaux des glandes, on trouve par place de petits amas de cellules nerveuses et même une cellule nerveuse unique; le cytoplasme seul de l'élément nerveux contient des corpuscules de Negri à l'exclusion de tous les tissus constituants de ces glandes.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur un moyen certain d'éviter les brûlures par les rayons de Röntgen.* Note [1] de M. **Maxime Ménard**, présentée par M. Ch. Moureu.

Parmi les victimes habituelles de ces brûlures il convient de citer en première ligne ceux, et la liste est malheureusement déjà très longue, dont la profession est de manipuler les rayons de Röntgen.

On a prétendu que ces lésions pouvaient être évitées par des moyens de protection appropriés. Aussi disait-on volontiers que l'imprudence des opérateurs était la principale cause de ces accidents. C'est une double erreur.

Nous avons recherché le moyen d'assurer non seulement la protection absolue des mains de l'opérateur, mais encore celle des autres parties du corps. Nous avons réalisé ce degré de protection par l'usage d'un meuble spécial et par celui de gants capables d'absorber les rayons X les plus pénétrants.

1° *Meuble protecteur.* — Ce meuble se compose de trois panneaux garnis intérieurement d'une lame de plomb dont l'épaisseur minima est de 4^{mm}. Ces trois panneaux sont assemblés sur un socle, de manière à former deux dièdres très ouverts, à l'intérieur desquels se place le malade à examiner, ainsi que le tube de Crookes.

Le panneau central est divisé en trois parties :

1° L'écran fluorescent;

2° Un écran en plomb mobile;

3° Un écran en plomb fixe.

La course de l'écran fluorescent s'effectue verticalement à l'aide d'un jeu de glissières et de contrepoids. Il en est de même de l'écran de plomb

---

(1) Présentée dans la séance du 3 novembre 1913.

mobile qui peut accompagner l'écran fluorescent dans sa course ou, au contraire, en être séparé.

Cette mobilité des deux écrans permet de palper l'abdomen dans les examens des viscères abdominaux. La palpation une fois terminée, les deux écrans sont ramenés au contact l'un de l'autre. Le malade est placé sur une plaque tournante très sensible que l'opérateur dirige à sa volonté.

Ce meuble permet encore de radiographier un malade dans la position verticale par la substitution très facile du châssis radiographique à l'écran fluorescent.

Enfin, pour les examens radioscopiques dans la position couchée, nous avons apporté quelques modifications à la table d'examen en vue d'assurer la protection complète du radiologue.

2° *Gants protecteurs.* — Voici les résultats de nos recherches sur la valeur de certains gants, couramment employés dans la pratique actuelle, au point de vue de l'absorption des rayons X.

Conditions expérimentales :

1° Tube placé à 50^{cm} de la plaque sensible.

2° Tissu du gant.

3° Fil de plomb de 1^{mm} de diamètre.

4° Plaque sensible.

(Le fil de plomb interposé entre le tissu du gant et la plaque sensible est destiné à montrer si les rayons X sont absorbés par le tissu. On sait, en effet, que la silhouette du fil de plomb n'est pas visible sur la radiographie quand les rayons sont totalement absorbés, tandis que cette silhouette est visible quand les rayons ne sont pas complètement absorbés.)

Expérience n° **1**. — Tube Müller à eau, grand modèle.

Transformateur Gaiffe-Rochefort.

Étincelle équivalente : 9^{cm} à 11^{cm}.

Intensité : 9 milliampères.

Qualité des rayons : 5 à 6 Benoist.

Épaisseur du tissu du gant (couche protectrice) : $1^{mm},25$.

Poids de 1^{cm^2} du tissu : $0^{g},260$.

L'analyse chimique du tissu du gant a été faite par M. Cousin, qui a trouvé :

1° Des composés à base de plomb, qui, évalués en plomb métallique, correspondent à $0^{g},077$ de plomb par centimètre carré, soit une couche de plomb correspondant à une épaisseur de $0^{mm},0678$.

2° Une proportion de sulfate de baryte égale à $0^{g},07$ par centimètre carré.

Dans cette expérience et un certain nombre d'autres les gants n'ont pas absorbé les rayons X dont la qualité était de 5 à 6 Benoist. Or cette qualité de rayons est d'un usage courant pour la radioscopie. C'est pourquoi les radiologues de profession, qui se servent de ces gants, présentent ordinairement des lésions dont nous avons parlé et dont on connaît la gravité.

Nous avons recherché s'il ne serait pas possible de trouver un tissu capable d'absorber totalement les rayons X.

Nous avons définitivement fixé notre choix sur un tissu caoutchouté dans la composition duquel entrent des sels d'un métal de poids atomique élevé.

Les conditions expérimentales ont été les suivantes :

1° Tube Gundelach placé à 50^{cm} de la plaque sensible.
2° Fil de plomb de 1^{mm} de diamètre placé entre le gant et la plaque sensible.
3° Contact tournant (grand modèle) Gaiffe.
4° Étincelle équivalente : 22^{cm} à 24^{cm}.
5° Intensité : 5 milliampères.
6° Qualité des rayons : 7 à 8 Benoist.
7° Temps de pose : 30 secondes.
8° Épaisseur du tissu du gant : 4^{mm}.

Cette expérience a été répétée plusieurs fois et aucune des radiographies ne montre la silhouette du fil de plomb. L'analyse chimique faite par M. Cousin donne les résultats suivants :

Pour une épaisseur de tissu de $1^{mm},5$, le poids du centimètre carré est de $0^{g},677$.

On trouve 89,5 pour 100 de composés à base de plomb qui, évalués en plomb métallique, correspondent à une couche de plomb de $0^{mm},498$ dont le poids est de $0^{g},566$ par centimètre carré.

Si l'on donne à ce tissu une épaisseur de 4^{mm}, l'opérateur a les mains complètement protégées contre des rayons *très durs* pratiquement inutilisables en radioscopie.

On peut, avec ce tissu, fabriquer des moufles ou des gants munis d'un crispin, qui protègent non seulement la main, mais encore l'avant-bras de l'opérateur.

Nous concluons donc que l'emploi combiné de notre meuble protecteur et des gants permet d'obtenir une protection *absolue* du radiologue et des assistants contre les attaques des rayons de Röntgen.

ZOOLOGIE. — *La fécondité de l'*Ostrea edulis (*L.*). Note de M. **Dantan**, présentée par M. Edmond Perrier.

En 1876, Gerbe, à la suite d'observations faites sur des huîtres venant, les unes d'Arcachon, les autres de Bretagne, avait conclu que l'*Ostrea edulis* se reproduisait dès sa première année. Mais de Lacaze-Duthiers, après des expériences sur des huîtres placées dans les viviers du laboratoire de Roscoff, expériences qui ont duré de 1890 à 1893, avait cru pouvoir établir que « la deuxième et la troisième année, la reproduction ne se produisait que dans une faible proportion et chez quelques individus seulement, mais qu'elle était largement assurée la quatrième. »

J'ai examiné le 8 août, à Arcachon, des huîtres détroquées au printemps dernier et qui étaient, par suite, âgées de 12 à 3 mois et demi. Sur 133, 98 contenaient des spermatozoïdes, 9 renfermaient des œufs ovariens à peu près mûrs ou des larves, enfin 26 étaient vides, soit parce qu'elles avaient émis leurs produits génitaux, soit parce qu'elles n'en avaient pas encore formé. Cette observation confirme donc bien, en partie, celle de Gerbe, à savoir : que, *sur le littoral français*, la plupart des huîtres d'*élevage* peuvent se reproduire dès leur première année.

J'ai recherché ensuite quelle était leur fécondité et me suis proposé de la comparer à celle des huîtres plus âgées qui me paraît n'avoir été estimée qu'à peu près, si l'on en juge par les chiffres très différents (1000000 à 1800000) donnés par les auteurs pour le nombre de leurs œufs.

Les larves ont été comptées par la méthode suivante : les huîtres ayant été ouvertes aussi soigneusement que possible, le naissain a été recueilli en faisant couler, dans la cavité palléale de l'individu mère, de l'eau chlorétonée, puis fixé à l'alcool. Les larves ont été ensuite placées dans une éprouvette contenant 1^l d'eau et, en même temps que le liquide était fortement brassé, au moyen d'un disque de verre fixé à l'extrémité d'une baguette, dix prélèvements de 1^{cm^3} ont été faits à l'aide d'une pipette graduée. Les larves contenues dans chaque centimètre cube ont été ensuite comptées, à la loupe, en transportant des fractions de liquide sur une lame de verre. Il est facile d'en déduire ce que contient, en moyenne, un centimètre cube et par suite celles que renferme le litre d'eau.

Voici, en même temps que la taille des jeunes huîtres, la coloration et le

nombre de larves trouvées dans chacune d'elles :

29^{mm}	Naissain	ardoisé.........	69000
30	id.	ardoisé.........	74200
32	id.	blanc...........	74500
33	id.	ardoisé.........	109300
37	id.	ardoisé.........	102200
44	id.	ardoisé.........	144100

On peut donc dire qu'une huître de 1 an, mesurant environ 34^{mm}, peut donner à peu près 100000 larves.

J'ai examiné ensuite des huîtres de 2 et 3 ans, provenant de Bretagne, qui toutes, sauf une, étaient en voie de reproduction.

Chez celles âgées de 2 ans, le naissain a augmenté considérablement de nombre. Les larves de trois individus ont été comptées; elles étaient de couleur ardoisée, c'est-à-dire à peu près mûres et ont donné les nombres suivants : 326000, 166500, 249000. Leur fécondité est donc deux fois et demie plus grande, puisque la moyenne est de 247000.

L'année suivante l'augmentation de nombre a été encore plus marquée. Pour ces huîtres plus âgées, j'ai compté les larves de huit individus parmi lesquels quatre avaient du naissain blanc et ont fourni les chiffres suivants: 889100, 519500, 576500, 743100; la moyenne est de 682100. Les quatre autres qui contenaient du naissain ardoisé ont donné : 702700, 654100, 804400, 954000; la moyenne de ce deuxième lot est donc de 778800 et celle de l'ensemble 725400.

J'ai compté pour ces huîtres à la fois des larves blanches et des larves ardoisées, je pensais que les premières, plus jeunes, étaient peut-être plus nombreuses, par suite de la mortalité qui pouvait se produire dans le cours du développement. Mais il semble bien qu'il n'y ait que peu ou pas de mortalité, ce qui s'explique par les conditions de protection parfaites dans lesquelles évoluent les larves.

La différenciation sexuelle de la glande génitale à ces divers âges a été également étudiée. Les proportions relatives des deux sexes sont indiquées par le Tableau suivant :

	♂ pour 100.	♀ pour 100.	Individus observés.
1 an.............	76	6,7	133
2 ans............	83,9	15,3	143
3 ans............	81,4	18,5	156

Chez les plus jeunes, comme cela a été déjà indiqué, 26 individus, soit 19 pour 100, étaient vides.

On voit que, chez les huîtres de 1 an, la proportion des individus dont la glande génitale fonctionne dans le sens femelle est très faible. J'ai remarqué, en outre, que les huîtres les plus grandes contiennent toujours des spermatozoïdes, les œufs ne se trouvant que dans celles de taille moyenne. Il semble donc qu'une forte pousse, plaçant les individus dans des conditions moins favorables, favorise la formation d'éléments mâles.

Chez les huîtres de 2 ans, la proportion de femelles est beaucoup plus élevée, mais ce n'est que la troisième année qu'elle se rapproche de la normale, celle-ci étant de 20 à 25 pour 100 environ pour les individus plus âgés.

Dans les régions du Nord, pour la Hollande notamment, comme l'a observé P.-P.-C. Hœk, la reproduction n'a pas lieu d'aussi bonne heure, et il en est de même en France sur les bancs naturels. Sur nos huîtrières, le naissain, après sa fixation, ne croît d'abord que très lentement. Pour ces jeunes huîtres, dites « natives », bien qu'il soit difficile d'apprécier leur âge, on constate que, pendant les deux premières années, la croissance est très faible et ce n'est que dans le deuxième été qui suit celui de leur fixation qu'elles font une pousse importante. Cette remarque s'applique à tous les bancs naturels du Morbihan, sauf celui de Listrech en rivière d'Etel. Il en résulte qu'elles ne peuvent assurer la reproduction qu'un an plus tard que celles élevées par les parqueurs. Il ne faut donc pas, lorsqu'on se propose de livrer les bancs à l'exploitation, tabler sur ce fait que les jeunes assurent de bonne heure la reproduction, pour permettre d'enlever les huîtres moyennes.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les conditions de transport des microbes par l'air.* Note (¹) de MM. A. **Trillat** et M. **Fouassier**, présentée par M. A. Laveran.

Les nombreuses expériences de Flügge et de ses élèves ont montré que, par l'effet de la pulvérisation d'une culture liquide, les fines gouttelettes d'eau renfermant les microbes pouvaient rester longtemps en suspension dans l'air et, une fois en cet état, y être véhiculées sous l'influence d'un

(¹) Présentée dans la séance du 3 novembre 1913.

courant d'air. C'est ainsi que des plaques de gélose placées à quelques mètres de distance du pulvérisateur purent être ensemencées par le *Micrococcus prodigiosus* pris comme exemple. Mais un semblable ensemencement à distance par le simple intermédiaire de l'air, sans qu'il y ait eu préalablement projection de microbes dans l'espace, n'a pu être expérimentalement réalisé jusqu'à ce jour. Cette notion que l'air était inapte à un ensemencement, par simple contact d'une source microbienne à l'abri de toute agitation, est d'ailleurs confirmée par les résultats négatifs d'une expérience classique bien connue qui consiste à mettre dans une des branches d'un tube de verre recourbé une culture liquide et dans l'autre un bouillon vierge; l'appareil étant disposé verticalement et au repos, l'ensemencement de ce dernier ne se produit jamais.

Rappelons aussi que Naegeli, en faisant passer un courant d'air sur la surface d'une culture liquide, n'entraînait aucun microbe et concluait que, pour ensemencer l'air, il était nécessaire de faire intervenir une action mécanique extérieure ayant pour effet de détacher plus ou moins violemment le microbe de son support accidentel.

Contrairement à cette notion, nos expériences, poursuivies depuis longtemps sur ce sujet, montrent que l'ensemencement à distance par l'intermédiaire de l'air, sans intervention d'une pulvérisation ou d'une action mécanique extérieure, peut être facilement réalisé si l'on a soin d'observer certaines conditions d'expériences.

La réussite de ces expériences dépend, en effet, de la superposition de plusieurs facteurs. L'humidité de l'air joue un rôle prépondérant et sa composition chimique exerce une influence favorable ou nuisible (nous avons déjà montré, dans plusieurs Notes antérieures, l'action de certaines émanations gazeuses répandues dans l'atmosphère sur la vie des microbes). Nous avons reconnu, en outre, que tous les microbes ne se prêtaient pas également aux expériences et que la nature du support du microbe jouait un rôle important.

Les modes opératoires qui remplissent toutes ces conditions d'humidité de l'air, de composition, etc., peuvent être variés. Voici, à titre d'exemple, un dispositif très simple qui permet de réaliser l'expérience :

Dans un tube de verre de 20^{cm} de long sur 3^{cm} de large et légèrement étranglé à ses deux extrémités, on fait rentrer un petit tampon de coton de verre imprégné légèrement d'une émulsion aqueuse très étendue de *M. prodigiosus* provenant du raclage de 1^{cg} à 2^{cg} de la partie superficielle d'une culture sur gélose. Ce tube est fixé verticalement par une de ses extrémités sur un récipient de verre de 1^{l} de capacité

contenant de l'eau et muni d'une ouverture pour faciliter l'entrée de l'air extérieur; l'autre extrémité est reliée à un deuxième tube vertical servant de récipient dont les parois intérieures sont recouvertes d'une couche de gélose nutritive; on provoque l'échange des couches d'air d'un récipient dans l'autre en chauffant légèrement le récipient inférieur. De cette façon, l'air se sature d'humidité dans le récipient et se charge ensuite, très légèrement, des émanations gazeuses du *M. prodigiosus*, émanations qui modifient, comme nous le savons, favorablement la neutralité de l'air. En abandonnant à lui-même l'appareil ainsi disposé, toutes précautions prises pour éviter l'agitation ou une contamination étrangère, on voit après 48 heures environ la gélose se tapisser de colonies de *M. prodigiosus*, alors que les tubes de gélose des appareils témoins ne contenant pas d'eau restent indemnes [1].

L'air provenant de la respiration, grâce à son humidité constamment renouvelée et aux émanations gazeuses qu'il entraîne, grâce aussi à la légère agitation résultant du jeu même de la respiration, offre un terrain gazeux particulièrement favorable à un entraînement et à un ensemencement.

On place un cobaye ou quelques souris dans un récipient de 2^l en communication par un tube vertical de 3^{cm} de diamètre, avec un deuxième récipient en verre de 30^{cm} de hauteur renfermant des boîtes de Pétri. Les animaux sont immobilisés et un léger tampon de coton stérile les sépare en outre du support microbien. A la partie inférieure du tube qui relie les deux récipients on place le tampon de coton de verre imbibé de l'émulsion aqueuse de *M. prodigiosus*. Après 1 heure on retire les animaux; les plaques portées à l'étuve se recouvrent de nombreuses colonies de *M. prodigiosus*. On obtient le même résultat en disposant horizontalement l'appareil, les deux récipients étant réunis par un tube de 4^{cm} de large sur 80^{cm} de long.

Au point de vue de l'étude de la contagion par les germes pathogènes de l'air, cette démonstration présente, croyons-nous, un grand intérêt quand nous aurons fait connaître les différences qui caractérisent les microbes pathogènes au point de vue de leur aptitude à ensemencer l'air, ainsi que les conditions physiques et chimiques qui favorisent cet ensemencement.

On peut se demander si nos résultats proviennent uniquement d'un entraînement microbien dû à l'action mécanique du va-et-vient des couches d'air chargées d'humidité ou si l'on doit faire intervenir dans le phénomène la

---

(1) Les résultats sont également négatifs quand on emploie, comme support du *M. prodigiosus*, du coton hydrophile au lieu du coton de verre. Cela provient d'une différence d'adhésivité des microbes, d'où résulte une plus ou moins grande facilité d'entraînement des germes selon la nature du support. Cet entraînement est plus ou moins marqué selon l'écart de température qui existe entre les deux récipients, c'est-à-dire selon l'importance des échanges des couches d'air humide.

notion d'un ensemencement avec le sens qu'on attribue à ce mot, c'est-à-dire avec l'idée d'une multiplication. On sait, d'après les lois de la Thermodynamique, que les vésicules d'eau dont le volume atteint $\frac{1}{100000}$ de millimètre cube échappent à l'action de la pesanteur et constituent des gouttelettes invisibles en suspension dans l'atmosphère et extrêmement mobiles. Les essais que nous avons déjà publiés antérieurement, prouvant que les microbes se reproduisent facilement dans l'air humide renfermant des aliments gazeux, permettent de conclure que, dans le cas actuel, à côté de l'entraînement toujours possible des microbes, il y a aussi multiplication de germes dans les gouttelettes transformées en autant de petits bouillons de culture microscopiques.

Et cette conclusion explique comment peut se généraliser la contamination de l'air dans un espace clos et tranquille, uniquement sous l'influence du mouvement imperceptible des vésicules d'eau invisibles qui constituent l'humidité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inutilité du zinc pour la culture de l'*Aspergillus niger. Note (1) de M. **Charles Lepierre**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans sa Thèse célèbre, Raulin (1870) reconnut qu'à très petites doses certains éléments favorisent l'assimilation et augmentent le poids des récoltes de l'*Aspergillus niger*. Le zinc a surtout servi à étayer ses conclusions devenues depuis classiques. Pour Raulin, c'est un élément *indispensable* à l'*Aspergillus* comme l'azote, le phosphore, le carbone.

En 1903, M. Coupin, répétant les expériences de Raulin, arrive à conclure que le zinc ne favorise pas le développement de l'*Aspergillus* et peut même lui être nuisible. En 1908, M. Javillier confirme le travail de Raulin, fixe les doses où le zinc agit et explique les résultats de M. Coupin. Pour M. Javillier « le zinc est un élément *physiologique*, *spécifique*, *nécessaire*, *indispensable* à la vie de l'*Aspergillus* » ; pour lui, ce n'est pas « un excitant banal des phénomènes protoplasmiques ».

Dans une série de Notes, j'ai montré (2) que le zinc *n'est pas un élément spécifique* puisqu'il peut être remplacé dans le milieu Raulin par d'autres métaux : le cadmium, le glucinium, le cuivre, l'uranium. Le présent travail a pour but de montrer que le zinc *n'est pas indispensable* à la vie de la moi-

(1) Présentée dans la séance du 3 novembre 1913.

(2) *Comptes rendus*, 1913, 20 janvier, 3 février, 14 avril, 13 mai.

sissure. *Quand le milieu de culture ne renferme pas de zinc, la plante s'en passe et peut atteindre son poids normal* [1].

Principes. — *a.* Si l'on cultive l'*Aspergillus* dans le milieu Raulin, *en présence de traces de zinc* ($\frac{1}{10000000}$ par exemple), dans les meilleures conditions et sous une faible épaisseur de liquide, on obtient, après 4 à 6 jours à 34°, 15^g à 16^g de plante sèche pour un litre de liquide. Ce poids a été fixé par Raulin et confirmé par M. Javillier et moi-même.

b. Si l'on cultive l'*Aspergillus*, dans les condition précédentes, *mais en l'absence de tout zinc*, en cristallisoirs ou en Erlenmeyers, de manière que le liquide ait une faible épaisseur par rapport au volume (2^{cm} par exemple pour 500$^{cm^3}$) on observe presque toujours que le poids des récoltes, *quel que soit le temps* de la culture, est inférieur de 40 à 50 pour 100 au poids des récoltes zincifiées.

C'est là un fait d'ordre général que j'ai vérifié sur des centaines d'essais. Les rares exceptions sont sous la dépendance de la pureté des diverses substances, de l'aérobiose plus ou moins intense, etc.

c. Il est au contraire facile d'obtenir, après un certain temps, soit directement, soit par ensemencements successifs, avec le liquide Raulin, *privé de zinc*, *des récoltes atteignant le maximum.* Pour cela, il suffit, au lieu d'opérer sous de faibles épaisseurs de liquide, de faire la culture de telle sorte que la hauteur du liquide soit grande par rapport à son volume, c'est-à-dire que la surface libre soit proportionnellement plus petite, par exemple 4^{cm} à 5^{cm} de hauteur pour 500$^{cm^3}$ de liquide [2].

En l'absence du zinc, nous pouvons dire que la *vitesse* avec laquelle l'*Aspergillus* pousse est d'autant plus grande que le rapport entre le volume et la surface libre du liquide est plus petit. Si le rapport est plus petit ou voisin de 2, la plante n'atteint jamais le maximum. Mais si le rapport entre V et S augmente, la plante poussera en profondeur, plus lentement certes, mais la récolte atteindra facilement le maximum, *sans qu'il y ait eu aucune intervention de zinc.*

Dans le premier cas (rapport $\leqq 2$), l'oxydation relative est plus intense, une grande partie du sucre disparaît par combustion interne sans que la plante utilise ce sucre pour faire de nouvelles cellules : le milieu s'épuisera sans que la plante atteigne le maximum.

C'est donc une question d'aérobiose qui est fonction du rapport entre le

---

(1) J'ai émis la première fois cette opinion dans une Note préliminaire présentée à la Société chimique de France, le 3 mars 1913.

(2) Les expériences fondamentales de Raulin sur le rôle du zinc ont toujours été faites dans des vases où la surface libre était très grande par rapport au volume. Il en est de même dans les expériences fondamentales de la thèse de M. Javillier : ce savant emploie des Erlenmeyers de 1^l,50 pour 250$^{cm^3}$ de liquide, ce qui correspond, d'après mes mesures, à une hauteur de liquide de 18^{mm} et à un rapport $\frac{\text{volume}}{\text{surface}}$ égal à 1,5.

volume du liquide et la surface libre sur laquelle le mycélium se développe.

On pourrait objecter que les milieux de culture ou les vases où j'ai opéré renferment du zinc :

J'ai constamment recherché ce métal par les méthodes classiques et par la méthode de M. Bertrand : 1° dans chacune des substances du milieu; 2° dans 100g du mélange; 3° dans le verre des ballons; 4° dans les récoltes d'une même série (1kg de plante sèche, ce qui correspond à 60l de liquide Raulin et à plus de 3kg d'aliments divers). Tous ces essais, au point de vue zinc, ont été négatifs.

Remarquons d'ailleurs que, s'il existait quelques traces de zinc, celui-ci devrait produire aussi bien ses effets dans les expériences sous faible épaisseur de liquide que sous grande épaisseur; ce qui n'est pas puisque dans le premier cas la plante n'atteint jamais le maximum. De plus ces traces de zinc seraient absorbées dès les premières récoltes (Javillier) et la culture ne pourrait se poursuivre (dans le liquide zincique) que si le verre fournissait ce métal, ce qui n'est pas.

Les expériences répétées dans des vases en platine confirment ce qui précède, mais ici interviennent des phénomènes que je décrirai bientôt.

Expériences. — J'ai effectué plusieurs centaines de cultures; le liquide de chaque série était le même (liquide Raulin sans zinc). Les vases sont des fioles d'Erlenmeyer ou des fioles coniques à fond plat, forme poire. Cultures à 34° pendant tout le temps de l'expérience, ou bien, pour chaque récolte, quelques jours à 34° suivis de quelques jours à 22°; on récolte et l'on ensemence à nouveau avec des spores de même âge et cela jusqu'à récolte nulle; on recherche le sucre résiduel. L'expérience se prolonge ainsi pendant quelques semaines. Voici résumée une de mes séries :

Volume du liquide V en cm³.	Hauteur du liquide en millim.	Surface libre S en cm².	Rapport $\frac{V}{S}$.	Température et temps 34°.	Température et temps 22°.	Nombre de récoltes.	Sucre restant p. 100 du sucre total.	Évaporation p. 100.	Poids des récoltes en grammes obtenu.	Poids des récoltes en grammes par litre.
1000	50	220	4,5	18j	30j	3	traces	30	14,92	14,92
1000	50	220	4,5	27	»	4	0	32,5	15,60	15,60
500	25	250	2	15	»	3	0	26	4,08	8,16
500	25	250	2	7	30	2	0	28	5,64	11,28
500	51	100	5	16	35	4	0	30	7,70	15,40
500	53	100	5	18	30	3	4	34	7,45	14,90
500	49	110	4,5	20	»	5	0	24	8,12	16,24
500	50	105	4,7	19	»	5	0	22	7,82	15,64
400	49	78	5,1	25	»	4	0	30	6,38	15,95
400	52	75	5,3	16	35	4	0	21	6,32	15,80
350	45	75	4,6	16	»	3	0	20	5,30	15,14

Volume du liquide V en cm³	Hauteur du liquide en millim.	Surface libre S en cm².	Rapport $\frac{V}{S}$.	Température et temps 34°.	Température et temps 22°.	Nombre de récoltes.	Sucre restant p. 100 du sucre total.	Évaporation p. 100.	Poids des récoltes en grammes obtenu.	Poids des récoltes en grammes par litre.
150[1]	35	62	3,4	30j	»j	4	1,4	36	2,31	15,40
150	35	62	3,4	17	»	4	0	26	2,37	15,80
150	35	62	3,4	11	25	2	0	38	2,38	15,86
150	35	62	3,4	12	28	2	0	37	2,28	15,20
125	36	50	3,5	21	»	3	0	20	1,88	15,04
125	36	50	3,5	12	18	3	traces	30	1,96	15,68
100	32	46	3,2	14	»	3	0	19	1,53	15,30
100	31	46	3,2	11	35	3	0	34	1,55	15,50

Ce Tableau montre que, sous grande épaisseur, l'*Aspergillus* donne le poids maximum; ces nouvelles conditions *sont aussi naturelles* que celles que mes prédécesseurs s'imposaient; la sporulation est très lente, elle ne débute qu'après 15 à 20 jours quoique les cultures soient très belles. Le zinc n'est donc pas indispensable à la culture de l'*Aspergillus*.

Tout cependant n'est pas à rejeter dans les conclusions de Raulin : il est indéniable que des traces de zinc favorisent, dans certaines conditions, le cycle évolutif de la plante qui, en présence de ce métal, atteint *plus vite* son poids maximum. C'est là un rôle *utile*, mais il ne faut pas confondre ce rôle utile avec le rôle *indispensable* qui est l'apanage exclusif des éléments physiologiques.

Vis-à-vis de l'*Aspergillus,* le zinc perd donc son importance, puisqu'après avoir montré qu'il n'était pas *spécifique* (d'autres éléments pouvant le remplacer) [2], je montre aujourd'hui son *inutilité* comme élément cytogénique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la radioactivité sur les micro-organismes fixateurs d'azote ou transformateurs de matières azotées.* Note [3] de M. **J. Stoklasa**, présentée par M. L. Maquenne.

L'étude de la question relative à l'influence du radium sur la biologie des bactéries, en particulier sur les espèces pathogènes, a déjà occupé

[1] Du n° 12 au n° 19, fioles coniques, forme poire; le rapport est calculé par la demi-somme des bases.

[2] Il n'y a aucune contradiction entre mes expériences de remplacement et le présent travail, les premières ayant toujours été faites sous faible épaisseur.

[3] Présentée dans la séance du 3 novembre 1913.

beaucoup de savants, et de leurs travaux il ressort que, en général, cette influence est nuisible au développement des micro-organismes et finit par déterminer leur mort.

Nous avons cru intéressant de reprendre ces recherches avec des intensités modérées sur les bactéries qui contribuent à la transformation de l'azote dans la terre; nos expériences ont porté sur trois groupes principaux d'organismes, à savoir :

1er *Groupe.* — Bactéries fixatrices d'azote (*Azotobacter chroococcum* seulement).

2e *Groupe.* — Bactéries minéralisant l'azote organique, c'est-à-dire qui détruisent les matières azotées en donnant de l'ammoniaque comme produit final (*Bac. proteus vulgaris, mycoïdes, subtilis*).

3e *Groupe.* — Bactéries dénitrifiantes (*Bac. fluorescens liquefaciens, Stutzeri, pyocyaneus, centropunctatum, filefaciens, nitrovorum, denitrificans*).

Chacune de ces espèces a été cultivée, avec les précautions d'usage, dans des solutions nutritives appropriées à leurs fonctions et présentant la composition indiquée ci-après, par litre de bouillon :

	Glucose.	PO^4HK^2.	PO^4Fe.	SO^4Mg.	$CaCl^2$.	NaCl.	$FeCl^3$.	CO^3Ca.	NO^3Na.
	g	g	g	g	g	g		g	
1er groupe.	20	1	0,05	0,1	0,05	0,05	»	5	»
2e groupe.	5	1	0,05	0,1	0,05	»	»	5	»
3e groupe.	5	1	»	0,5	0,2	»	0g,01	»	2g

Au liquide du 2e groupe, destiné à la culture des ferments ammoniacaux, on ajoutait en outre 3g de colle renfermant 0g,516 d'azote.

Pour chaque espèce, on a institué plusieurs catégories d'essais, comportant les dispositions suivantes :

1° Au-dessus de la solution nutritive, placée dans un vase de 2l, se trouvait un petit sac renfermant de 20g à 80g de *nasturan* (pechblende), en vue de reconnaître l'effet simultané des rayons α, β et γ;

2° Le nasturan était renfermé dans de longs tubes de verre, contenant chacun 0g,5 de substance active et plongés dans le liquide de culture; les rayons α étant absorbés, l'action devait alors être attribuée seulement aux rayons β et γ;

3° Les cultures étaient faites dans de l'eau radioactive (Joachimsthal, 300 à 600 unités Mach; Franzensbad, 100 à 150 unités; Brambach en Saxe, 900 à 2000 unités);

4° On dirigeait dans les vases de culture les émanations du nasturan ou du radium (0g,005).

Dans cette dernière catégorie d'expériences on faisait passer journelle-

ment dans les vases 20[l] d'air activé avec une intensité comprise entre 30 et 5000 unités Mach (1).

Chaque expérience comportait deux séries de vases renfermant 250^{cm^3} de solution, analysée au début; dix d'entre ces vases étaient soumis à l'influence des rayons ou de l'émanation du radium pendant 2 ou 3 semaines, les autres étaient conservés pour contrôle et le contenu de tous analysé à la fin.

Dans le cas de l'air activé par le nasturan, agissant sur l'*Azotobacter chroococcum*, les résultats ont été particulièrement nets. L'air ayant une radioactivité correspondante à 150 unités Mach, on a trouvé, comme moyenne de 10 essais ayant duré 21 jours :

Azote fixé par litre de bouillon.....	Avec émanation	$0^g,104$
	Sans émanation	0,059
Différence en faveur de l'émanation		0,045

Avec 80 unités Mach on a trouvé un gain d'azote de $0^g,098$ par litre, en moyenne, l'air ordinaire ayant donné $0^g,074$: l'avantage est un peu moindre qu'avec une intensité plus forte, mais encore très notable. Enfin de la terre, inoculée avec l'*Azotobacter chroococcum*, s'est enrichie davantage quand on l'a soumise à l'influence des émanations radioactives.

Avec les rayons β et γ nous avons obtenu des résultats tout à fait opposés : la destruction des matières organiques azotées et l'assimilation de l'azote élémentaire se sont trouvées bien plus faibles dans les solutions ayant subi l'influence des rayons β et γ que dans les liqueurs témoins.

L'effet des émanations est aussi fort intéressant : dans six grands appareils de 85[l] on a placé des vases à végétation renfermant chacun $7^{kg},5$ de terre et l'on a fait passer de l'air ayant une activité de 9 à 20 unités. Après 9 mois on a trouvé dans la matière sèche 0,133 pour 100 d'azote, les échantillons témoins n'en renfermant que 0,105; dans les $7^{kg}5$ de terre que renfermait chaque vase il s'était donc produit un gain de $2^g,1$ d'azote attribuable à l'émanation.

Dans une autre expérience le bénéfice s'est élevé à $3^g,8$ d'azote par pot; l'émanation du radium, même sous une faible intensité, exerce donc une influence avantageuse sur les bactéries qui assimilent l'azote gazeux.

Les bactéries dénitrifiantes se comportent tout différemment vis-à-vis

(1) Pour plus de détails, voir mes travaux antérieurs, notamment *Méthodes pour la détermination des corps expirés dans la respiration des cellules de bactéries* et *Méthode pour l'analyse biochimique du sol*, qui a paru dans l'Ouvrage d'Abderhalden (1910 et 1911).

d'émanations à 150 unités; la respiration se maintient et même s'accroît.

Mais la réduction des nitrates et le dégagement d'azote qui en résulte sont, au contraire, considérablement ralentis, bien qu'on ait constaté un ample développement des bactéries dénitrifiantes et la formation d'albuminoïdes. Donc l'émanation favorise l'action biosynthétique, mais nuit à la réduction des nitrates, donnant comme terme final l'azote élémentaire.

En résumé ces essais, effectués en grand sur des organismes communs, transformateurs de l'azote libre ou combiné, nous paraissent démontrer l'influence de la radioactivité sur la circulation générale de l'azote et, par suite, offrir un réel intérêt pour la biologie du sol et l'accroissement, naturel ou artificiel, de sa fertilité.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la ramification des tubercules dentaires des molaires d'*Elephas, *de* Stegodon *et de* Mastodon. Note (¹) de M. **Sabba Stefanescu**.

G. Cuvier (²) a observé que la couronne des molaires du grand mastodonte « tant qu'elle n'a pas été usée, est donc hérissée de grosses pointes disposées par paires ». Il a reconnu, en outre, qu' « au fond même, il n'y a qu'une différence de proportion entre ces collines divisées en deux pointes et les petits murs transverses à tranchant divisé en plusieurs tubercules de dents d'éléphant ».

Falconer (³), Lartet (⁴), Leith Adams (⁵), Hans Pohlig (⁶) et d'autres savants ont étudié les molaires d'éléphant, de stégodonte et de mastodonte, afin de saisir les caractères distinctifs des espèces, mais personne, à ma connaissance, ne s'est encore occupé de la manière dont se ramifient les tubercules de ces molaires.

Les résultats de mes recherches sur ce sujet sont les suivants :

I. Qu'il s'agît d'une lame de molaire d'éléphant ou de stégodonte, ou d'une colline de molaire de mastodonte, les tubercules dentaires dont elle est composée se ramifient d'après la même loi : *chaque tubercule de premier ordre se divise longitudinalement par rapport à la couronne, en deux tubercules de deuxième ordre, inégaux, l'externe plus gros que l'interne.*

(¹) Présentée dans la séance du 27 octobre 1913.

(²) *Recherches sur les ossements fossiles*, t. I, 1821, p. 225.

(³) *Fauna antiqua sivalensis*, 1846-1847; *Palaeontological Memoirs*, 1868.

(⁴) *Sur la dentition des Proboscidiens fossiles*, 1859.

(⁵) *Monograph on the british fossil Elephants*, 1877-1881.

(⁶) *Dentition und Kranologie des Elephas antiquus Falc.*, 1888.

Toutes les espèces d'*Elephas*, de *Stegodon* et de *Mastodon* présentent dans la couronne de leurs molaires des lames ou des collines à quatre pointes, dont les deux externes plus grosses que les deux internes. De pareilles collines se présentent aussi dans la couronne des molaires de *Palaeomastodon* ([1]).

II. *Chaque tubercule de deuxième ordre se divise toujours longitudinalement par rapport à la longueur de la couronne, en deux tubercules de troisième ordre, égaux ou peu inégaux.*

De ces quatre tubercules, le plus souvent seuls les deux tubercules internes se divisent (dans ce cas, la lame ou la colline présente six pointes, dont deux externes de deuxième ordre et quatre internes de troisième ordre), plus rarement tous les tubercules de deuxième ordre se divisent simultanément (dans ce cas, la lame ou la colline présente huit pointes de troisième ordre).

Dans la couronne des molaires d'*Elephas* et de *Stegodon* se rencontrent fréquemment des lames dentaires à six et à huit pointes; dans la couronne des molaires de *Mastodon* se rencontrent rarement des collines à six pointes et plus rarement encore des collines à huit pointes.

III. La ramification des tubercules de troisième ordre et en général la ramification des tubercules d'un ordre supérieur au deuxième est difficile à suivre. Ces tubercules ne se divisent qu'isolément et donnent lieu à de nombreuses pointes.

Des lames dentaires à pointes nombreuses se présentent très souvent dans la couronne des molaires de *Stegodon* (les stégodontes sont remarquables par leurs lames dentaires à pointes nombreuses) et moins souvent dans la couronne des molaires de quelques espèces d'*Elephas*. Quant à la couronne des molaires de *Mastodon*, elle ne présente que très rarement des collines à pointes nombreuses.

IV. Très souvent, la ramification des tubercules de différents ordres, et par conséquent le nombre de pointes des lames et des collines dentaires, n'est pas symétrique par rapport au plan médian longitudinal de la molaire; aussi les molaires d'*Elephas*, de *Stegodon* et de *Mastodon*, en dehors des lames ou des collines à pointes paires : 2, 4, 6, 8, etc., présentent des lames ou des collines à pointes impaires : 3, 5, 7, 9, etc.

([1]) CHARLES-WILLIAM ANDREWS, *A descriptive catalogue*, 1906, p. 143.

V. Le maximum de pointes caractérise les lames dentaires de *Stegodon* et se rencontre quelquefois au talon antérieur et à la première lame antérieure de la dernière molaire d'*Elephas primigenius* Blumenbach; c'est une sorte d'écrasement que subissent quelquefois ce talon et cette lame, poussée d'arrière en avant par la force de croissance, de la dernière contre l'avant-dernière molaire.

Le minimum de pointes s'observe au talon postérieur de la dernière molaire de différentes espèces d'*Elephas*, de *Stegodon* et de *Mastodon;* ce talon est souvent formé par un seul tubercule de premier ordre, indivis ou très peu ramifié.

VI. Bien que la ramification des tubercules dentaires se fasse d'après la même loi, les tubercules internes de la lame dentaire d'*Elephas* se développent en hauteur plus que les tubercules externes, l'inverse de ce qui a lieu dans la colline dentaire de *Mastodon;* la conséquence en est que le bord tranchant de la lame dentaire d'éléphant, tant qu'il n'a pas été usé, est convexe, tandis que, dans les mêmes conditions, le bord tranchant de la colline dentaire de mastodonte est droit ou concave. A ce point de vue, comme à bien d'autres, les stégodontes sont intermédiaires entre les éléphants et les mastodontes ; le bord tranchant de leurs lames dentaires, tant qu'il n'a pas été usé, est donc un peu convexe.

VII. Il arrive souvent qu'une des pointes internes de la lame dentaire d'éléphant se développe plus que ses congénères et se place dans le plan de symétrie longitudinale de la molaire. Cela a lieu indifféremment si les lames dentaires sont à pointes paires ou à pointes impaires.

VIII. Par l'usure de la face de trituration de la molaire, il arrive souvent que l'entaille qui sépare les tubercules internes de deuxième ordre disparaît beaucoup plus avant que disparaissent les entailles qui séparent ces mêmes tubercules de leurs congénères externes. La conséquence en est que la lame dentaire usée d'éléphant, très souvent paraît être divisée en trois parties : *une médiane*, formée par les tubercules internes fusionnés, et *deux latérales*, formées chacune par un tubercule externe.

Cette particularité caractérise les molaires d'*Elephas* comparativement aux molaires de *Stegodon* et de *Mastodon ;* elle tire son origine de la grande convexité du bord tranchant des lames dentaires et de la petite profondeur de l'entaille qui sépare leurs tubercules internes.

M. P. **Idrac** adresse une Note intitulée : *Observations sur le vol des goëlands, à l'arrière des navires.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes**, adresse à M. le Président la lettre suivante :

Paris, le 8 novembre 1913.

Monsieur le Président,

Par ma lettre en date du 30 octobre, j'ai eu l'honneur de vous transmettre le dernier texte du projet de définition des unités de mesure, tel qu'il est sorti des délibérations des Comités qui avaient été spécialement consultés à cet effet.

A la suite d'une Conférence des représentants de ces diverses Commissions, j'ai reconnu que, tout en respectant les principes directeurs qui avaient inspiré la rédaction du texte, il serait utile d'apporter à la forme quelques modifications afin de faire mieux ressortir le caractère international des unités proposées et de faciliter par là même leur adoption ultérieure par les pays étrangers.

J'ai, en conséquence, l'honneur de vous adresser sous ce pli le texte qui fait état de ces rectifications de pure forme.

Veuillez agréer, etc.

Par autorisation et pour le Ministre :

Le Directeur du Personnel
des Expositions et des Transports.

Projet de définition des unités fondamentales.

Longueur. — L'unité de longueur est le *Mètre*.

Le Mètre est la longueur à la température de 0° du prototype international en platine iridié, qui a été sanctionné par la Conférence générale des Poids et Mesures, tenue à Paris en 1889 et qui est déposé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Masse. — L'unité de masse est le *Kilogramme*.

Le Kilogramme est la masse du prototype international en platine iridié et qui a été sanctionné par la Conférence générale des Poids et Mesures tenue à Paris en 1889 et qui est déposé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Temps. — L'unité de temps est la *Seconde* de temps moyen.

La Seconde de temps moyen est la fraction $\frac{1}{86400}$ du jour solaire moyen.

Température. — L'unité d'intervalle de température est le *Degré centésimal*.

Le Degré centésimal est la variation de température qui produit la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'un gaz parfait quand, le volume étant constant, la température passe du point 0° (température de la glace fondante), au point 100° (température d'ébullition de l'eau), tels que ces deux points ont été définis par les Conférences générales des Poids et Mesures de 1889 et 1913.

Résistance électrique. — L'unité de résistance électrique est l'*Ohm*.

L'Ohm est la résistance offerte à un courant invariable par une colonne de mercure de section uniforme, prise à la température de 0°, ayant une longueur de $106^{cm},300$ et une masse de $14^{g},4251$, conformément à la définition de l'Ohm international donné par la Conférence générale tenue à Londres en 1908.

Intensité lumineuse. — L'unité d'intensité lumineuse est la *Bougie décimale*.

La valeur de la Bougie décimale est le vingtième de celle de l'étalon Violle.

L'étalon Violle est la source lumineuse constituée par une aire égale à celle d'un carré de 1^{cm} de côté, prise à la surface d'un bain de platine rayonnant normalement, à la température de la solidification, conformément aux décisions de la Conférence internationale tenue à Paris en 1884 et du Congrès international tenu à Paris en 1889.

Rapport *présenté par M.* J. Violle *au nom de la Commission nommée par l'Académie.*

M. le Ministre du Commerce soumet à l'Académie les conclusions du travail effectué par la Commission qu'il a chargée d'adapter la législation française des Poids et Mesures à l'état actuel des connaissances scientifiques et aux besoins nouveaux du Commerce et de l'Industrie.

L'Académie des Sciences ne peut qu'approuver hautement la pensée d'élargir notre législation des Poids et Mesures. Il appartenait à la France qui a donné au monde le système métrique décimal d'en consacrer le développement sous une forme capable d'amener l'unification législative des mesures actuellement employées par les divers États dans les transactions internationales.

Si le système métrique décimal reste le fondement inébranlable du nouvel édifice, on devra dans sa construction suivre les principes qui ont

guidé l'Association britannique quand elle établit le système centimètre-gramme-seconde (C. G. S.), en employant simultanément, s'il y a lieu, des unités mieux en rapport avec les besoins de la technique industrielle.

Il convient ici de rappeler la distinction, importante en métrologie, entre l'*unité* et l'*étalon*. Suivant la définition classique, l'unité est une quantité choisie pour servir de terme de comparaison à des quantités de même espèce, tandis que l'étalon est la représentation matérielle de l'unité, ou d'un multiple décimal de l'unité.

L'étalon de longueur est, pour le monde entier, le mètre prototype international en platine iridié déposé au Pavillon de Breteuil, mesuré à la température de la glace fondante. C'est même cet étalon qui seul aujourd'hui définit l'unité fondamentale de longueur.

L'étalon de masse est le kilogramme prototype international en platine iridié déposé au Pavillon de Breteuil. Mais le fait que le kilogramme est l'étalon de masse n'implique pas qu'il en soit l'unité. D'ailleurs, le mot kilogramme rappelle que, dans la pensée des fondateurs du système métrique, l'unité de masse était réellement le gramme.

Étant établis ces deux étalons matériels, imprescriptibles, consacrés par les accords internationaux, ce qui caractérisera un système de mesures de longueurs et de masses, ce sera le choix des unités adoptées pour ces mesures. Dans le système C. G. S., les unités de longueur et de masse sont le centimètre et le gramme, unités liées entre elles par la relation fondamentale du système métrique, à savoir que l'unité de masse soit la masse d'eau distillée au maximum de densité contenue dans le cube construit sur l'unité de longueur (1).

A ces deux unités corrélatives on a dû adjoindre, pour la représentation des quantités mécaniques, l'unité de temps, universellement admise, la seconde de temps moyen, égale à la fraction $\frac{1}{86400}$ du jour solaire moyen. Ainsi s'est trouvé constitué le système des unités C. G. S. aujourd'hui universellement employé par les physiciens et le seul admis par les électriciens,

---

(1) L'erreur qui résulte de ce que les valeurs du centimètre et du gramme, déduites des étalons prototypes internationaux du mètre et du kilogramme, ne satisfont pas rigoureusement à cette relation est si faible (a) qu'elle est complètement négligeable dans la pratique et qu'on n'a réellement à en tenir compte que dans les opérations de haute précision.

(a) Le volume de la masse d'eau pure à son maximum de densité et sous la pression atmosphérique normale égale à 1 kilogramme, c'est-à-dire 1 litre, est égal à 1,000027 décimètre cube.

qui toutefois mettent couramment en œuvre dans la pratique un système cohérent dérivé du système C. G. S. et que l'on pourrait représenter par $C.10^9.\ G.10^{-11}.\ S.$

La Commission, constituée par le Ministère sous la présidence autorisée de M. le professeur Perot, avait à remplir une tâche peu facile. D'une part, elle devait rassembler les définitions scientifiquement établies, ou consacrées par des congrès, conférences ou accords internationaux. D'autre part, elle avait à connaître des enquêtes instituées par M. le Ministre auprès des chambres de commerce, des syndicats professionnels, des sociétés techniques, des savants, des ingénieurs, des industriels, des commerçants, en un mot de tous les intéressés à la codification qu'il se proposait d'établir.

Un premier principe fut posé. Seules les unités d'essence différente et par conséquent théoriquement irréductibles, formant le groupe des unités fondamentales, seront promulguées par une loi. Les autres unités, qu'il importerait de rendre légales, et qui peuvent toutes être tirées des premières par logique déduction, en un mot les unités dérivées, feront simplement l'objet d'un règlement d'administration publique qui permettra de les modifier suivant le progrès naturel des choses.

Au cours de son travail, la Commission ministérielle a renoncé à l'idée philosophique qui avait amené les dénominations d'unités fondamentales et d'unités dérivées. Il ne reste plus que la distinction en deux catégories d'après le mode de sanction que les unités devront recevoir. Les dénominations premières ne conviennent donc plus : le projet appelle *secondaires* les unités qui seront rendues légales par règlement d'administration publique; celles qui seront sanctionnées par une loi pourraient alors s'appeler *primaires* ou *principales*.

Comme l'a remarqué le Comité international des Poids et Mesures le lendemain du jour où furent soumises à la cinquième Conférence générale les grandes lignes du projet actuel, « la séparation des unités en deux catégories semble constituer, en raison de la rapide évolution de nos idées due aux progrès incessants de la Science, la meilleure solution actuelle des questions que soulève l'établissement d'une législation en ces matières; grâce, en effet, à la souplesse du procédé indiqué et à la facilité laissée à des réformes ultérieures, la législation pourra s'adapter en tout temps et sans difficulté, à des idées nouvelles ».

De plus, le Comité international « envisage comme susceptible d'entraîner de grandes simplifications l'emploi d'unités dynamiques adaptées aux

besoins de l'industrie, et conduisant, sans facteur parasite, à l'unité rationnelle de puissance mécanique universellement employée par les électriciens ». Ce trait d'union entre les mesures mécaniques et les mesures électriques est en effet un avantage précieux du système projeté.

Aux trois unités fondamentales de longueur, de masse et de temps, qui se trouvent nécessairement à la base de tout système de mesures mécaniques, le projet de la Commission ministérielle en adjoint trois autres : unité d'intervalle de température, unité de résistance électrique, unité d'intensité lumineuse.

L'unité d'intervalle de température et celle d'intensité lumineuse, nécessaires respectivement aux mesures thermiques et aux mesures photométriques, n'étant que la consécration d'accords internationaux, qui n'interdisent pas l'espérance de définitions mécaniques, ne soulèvent pas de difficultés. Il n'en est pas de même de la dernière unité proposée.

En 1862, l'Association britannique rattachait les unités électriques aux unités C.G.S. par les lois de l'Électromagnétisme; elle instituait ainsi le système des *unités absolues C. G. S. électromagnétiques*. Mais, ces unités absolues se prêtant mal aux mesures usuelles, on en déduisit les *unités électriques pratiques* par des puissances convenables de 10. Ainsi furent établies l'unité pratique de résistance (l'*ohm*), égale à 10^9 unités absolues C. G. S., et l'unité pratique de potentiel (le *volt*), égale à 10^8 unités absolues C. G. S.

Le premier Congrès international des Électriciens, réuni en septembre 1881, adopta ces définitions. En outre, suivant une idée déjà ancienne de Pouillet, reprise par Werner Siemens, il décidait que l'unité de résistance serait représentée par une colonne de mercure de 1^{mm^2} de section à la température de 0° C., dont la longueur serait réglée par une Commission internationale, de façon à représenter aussi exactement que possible la valeur de l'ohm. Le même Congrès appelait *ampère* le courant produit par un volt dans un ohm, égal par conséquent à 10^{-1} unités absolues C. G. S. électromagnétiques. Il dénommait *coulomb* la quantité d'électricité définie par la condition qu'un ampère donne un coulomb par seconde, et *farad* la capacité définie par la condition qu'un coulomb dans un farad donne un volt.

D'après les travaux effectués dans différents pays pour la détermination de l'ohm, suivant diverses méthodes, la Conférence internationale, réunie à Paris en 1884, proclame *ohm légal* la résistance d'une colonne de mercure de 1^{mm^2} de section et de 106^{cm} de longueur à la température de la glace fondante.

Elle édicte ensuite que :

L'ampère est le courant dont la mesure est 10^{-1} unités électromagnétiques C.G.S.;

Le volt est la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est l'ohm légal.

Cet ohm légal devait durer jusqu'au Congrès international tenu à Chicago en 1893, qui fixa comme représentation de l'*ohm international* une colonne de mercure à la

température de la glace fondante, ayant une masse de 14g,4521, une section constante et une longueur de 106cm,3, et qui indiqua pour l'ampère et le volt des représentations suffisantes pour les besoins de la pratique.

Les décisions du Congrès de Chicago ont été sanctionnées en France par le décret du 25 avril 1896, qui rend obligatoire le système *international* d'unités électriques tel qu'il est défini ci-après :

L'unité électrique de résistance ou *ohm* est la résistance offerte à un courant invariable par une colonne de mercure à la température de la glace fondante, ayant une masse de 14g,4521, une section constante et une longueur de 106cm,3.

L'unité électrique d'intensité ou *ampère* est le dixième de l'unité électromagnétique de courant. Elle est suffisamment représentée pour les besoins de la pratique par le courant invariable qui dépose en une seconde 0g,001118 d'argent.

L'unité de force électromotrice ou *volt* est la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est un ohm. Elle est suffisamment représentée pour les besoins de la pratique par les 0,6974 ou $\frac{1000}{1434}$ de la force électromotrice d'un élément Latimer-Clark.

La Conférence des unités électriques réunie à Londres en 1908 ratifia le système international quant à l'ohm international et à l'ampère international, en soulignant par deux zéros additionnels qu'elle considère comme définitifs pour l'ohm la longueur de 106cm,300 et pour l'ampère le dépôt de 0g,001 118 00 d'argent par seconde. Pour le volt, malgré que les États-Unis et la France l'eussent proposé comme seconde unité primaire, la Conférence indique seulement qu'il peut être représenté par $\frac{1}{1,0183}$ de la force électromotrice à 20° d'un élément Weston au sulfate de cadmium.

Ce rapide historique nous montre que l'ohm a toujours tenu une place privilégiée dans la pensée des électriciens et qu'il est actuellement le seul ayant une représentation matérielle réelle, un étalon. Si donc, parmi les trois unités principales des électriciens, l'on ne doit prendre qu'une seule unité fondamentale, ce sera incontestablement aujourd'hui l'ohm.

Dans le projet ministériel, où le joule et le watt sont définis mécaniquement, la loi de Joule, qui en elle-même ne saurait pas plus s'oublier que la loi de Ohm, s'impose particulièrement et l'on peut logiquement ne tenir qu'une unité électrique comme fondamentale.

Mais on pourrait aussi bien admettre deux unités fondamentales, de même que nous avons pris un étalon de longueur et un étalon de masse, entre lesquels le système métrique établit cependant une dépendance telle que la loi constitutive du 18 germinal, an III, dit que « il n'y aura qu'un seul étalon des poids et mesures pour toute la République, la règle de platine sur laquelle sera tracé le mètre qui a été adopté pour l'unité fondamentale de tout le système des mesures ».

On pourrait même, sans inconvénient, prendre trois unités électriques fondamentales, si l'on en avait les étalons.

Comme cela peut arriver demain, au moins pour l'une encore des deux unités laissées au second plan par le projet ministériel, sans que d'ailleurs on sache bien pour laquelle, il nous paraîtrait plus sage de laisser ensemble les trois unités électriques fondamentales, ainsi que les définissent unanimement les électriciens, parmi celles auxquelles suffira un règlement d'administration publique.

Telles sont les réflexions que l'Académie croit devoir soumettre à M. le Ministre relativement au projet de loi qu'il a bien voulu lui communiquer touchant les étalons et unités. Elle aura l'honneur de lui donner ultérieurement son avis sur le projet du règlement fixant les unités secondaires, quand ce projet lui aura été soumis.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées à l'unanimité par l'Académie.

La Commission chargée de présenter une liste de candidats pour la cinquième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913, présente, par l'organe de M. le PRÉSIDENT, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **GOSSELET**

En deuxième ligne. . . . . M. **P. DUHEM**

En troisième ligne, par ordre alphabétique . . . . MM. **E. COSSERAT**, **GRAND'EURY**, **MAUPAS**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 27 octobre 1913.)

Note de MM. *Ch. Moureu, P.-Th. Muller* et *J. Varin*, Réfraction et rotation magnétique des composés à fonction acétylénique :

Page 680, 1er Tableau, ligne 11, *au lieu de*

C — O (acides) 0,388

lire

O — O (acides) 0,388

Même page, ligne 12, *au lieu de*

C — O (éthers-sels) 0,325

lire

O — O (éthers-sels) 0,325

Note de M. *Maurice Janet*, Existence et détermination univoque des solutions des systèmes d'équations aux dérivées partielles :

Page 698, ligne 9, *au lieu de*

$$\mathrm{F}_i\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, u_i, \ldots, \frac{\partial^{r_i-\lambda} u}{\partial x_1^{\alpha_1} \ldots \partial x_n}, \ldots, \frac{\partial^{r_i} u}{\partial x_1^{r_i-1} \partial x_n}\right),$$

lire

$$\mathrm{F}_i\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots, u_k, \ldots, \frac{\partial^{r_k-\lambda} u_k}{\partial x_1^{\alpha_1} \ldots \partial x_n^{\alpha_n}} \cdots\right)$$

$$(\lambda \geqq 0;\ \alpha_1 < r_k).$$

Page 699, ligne 1, *au lieu de*

$$u_1, \frac{\partial x_1}{\partial u_1}, \ldots, u_p, \ldots, \frac{\partial^{r_p-1}}{\partial x_1^{r_p-1}},$$

lire

$$u_1, \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \ldots, u_p, \ldots, \frac{\partial^{r_p-1} u_p}{\partial x_1^{r_p-1}}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *M. Davis*, Professeur à l'Université Harvard, Correspondant de l'Académie, et à M. *C. Gorini*, Professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Milan.

M. le **Président** rappelle que, samedi dernier, a eu lieu la célébration du 25e *anniversaire de l'Institut Pasteur*. Cette célébration, qui a eu lieu sous la présidence de M. le Président de la République, a montré quelle place exceptionnellement honorable tient l'Institut Pasteur devant l'opinion publique. Les Présidents des deux Chambres, le Président du Conseil, le Ministre de l'Intérieur, les représentants du Parlement, du Département, de la Ville, de l'Institut avaient, par leur présence, donné à cette cérémonie intime le caractère d'une fête de la Science. Le Président est heureux d'adresser à son confrère, le Dr Roux, le directeur si distingué et si dévoué de l'Institut Pasteur, les remercîments et les félicitations de l'Académie toute entière.

M. **Gaston Darboux** s'explique en ces termes :

En ma qualité de membre du Comité international des Poids et Mesures, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie le Tome XV des *Travaux et Mémoires du Bureau international*. Ce Volume contient les Mémoires suivants : *Nouvelle détermination du rapport des longueurs d'onde fonda-*

mentales avec l'unité métrique, par MM. J.-R. Benoît, Ch. Fabry et A. Perot; *Premières déterminations des étalons à bouts exécutées au Bureau international*, par M. Ch.-Éd. Guillaume; *Études sur les étalons à bouts; Premier Mémoire, Broches et calibres*, par M. A. Pérard. On y a joint les *Comptes rendus des séances de la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures*, rédigés par M. Blaserna, secrétaire de la Conférence, suivis d'un Rapport annexe de M. Guillaume sur *Les récents progrès du Système métrique*.

On n'a pas oublié les beaux travaux exécutés, il y a une vingtaine d'années, par MM. Michelson et Benoît, à l'aide des méthodes interférentielles imaginées par le premier de ces physiciens, et qui, mises en œuvre au Bureau international, ont fait connaître avec une certitude évaluée alors au millionième, les valeurs des longueurs d'onde fondamentales, que les travaux classiques de Rowland avaient laissées incertaines de $\frac{1}{30000}$ environ.

Perfectionnant encore ces méthodes, et utilisant notamment les franges de superposition, MM. Benoît, Fabry et Perot ont pu simplifier dans une énorme proportion le procédé du passage du mètre au plus grand étalon interférentiel et de celui-ci aux étalons courts, constituant les intermédiaires nécessaires avec des longueurs d'onde elles-mêmes. Il sont ainsi parvenus à pouvoir garantir à peu près le dix-millionième dans les valeurs qu'ils ont obtenues, et qui, en partie par l'effet d'un hasard heureux, concordent également au dix-millionième près avec celles qui avaient été données il y a 20 ans. On trouvera, dans cette concordance, une preuve à la fois de l'extrême précision de ces déterminations et de la parfaite conservation de l'unité représentée par les étalons en platine iridié du Bureau international.

M. Guillaume rend compte, dans son Mémoire, des déterminations d'étalons à bouts exécutées de 1896 à 1904 à la demande de la Section technique de l'Artillerie, et qui, utilisant des méthodes nouvelles, ont conduit pour la première fois à assurer au micron près les valeurs d'importantes séries d'étalons, servant au contrôle des fabrications de pièces interchangeables. M. Pérard a poursuivi ces travaux dans des conditions encore plus parfaites, afin de répondre aux exigences accrues de la construction mécanique. Il s'est servi en partie des procédés qu'avaient élaborés M. Guillaume, en partie de procédés nouveaux. L'ingénieux comparateur automatique du colonel Hartmann, dont il a fait une étude très détaillée, a donné ici, une fois de plus, la preuve de son extrême précision, dans la comparaison d'étalons à bouts de forme semblable et de dimensions voisines.

La quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, présidée par notre regretté confrère H. Becquerel, a marqué, comme toutes celles qui l'avaient précédée, et comme la cinquième, qui vient de se réunir sous la présidence de M. Appell, un sensible progrès dans la Métrologie et dans la situation mondiale du Système métrique. C'est à cette Conférence que furent communiqués les résultats relatifs à la masse du décimètre cube d'eau, ainsi qu'aux valeurs des longueurs d'onde fondamentales. Le carat métrique, aujourd'hui partout accepté, y reçut sa première consécration officielle; enfin, on vit s'y dessiner le mouvement de coordination des législations sur les poids et mesures, qui aboutissent en ce moment à l'élaboration de lois conçues dans un esprit considérablement élargi.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le Tome XIV des *Œuvres complètes de Laplace*.

CHIMIE. — *Thermochimie des composés acétyléniques.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Émile André**.

Les composés acétyléniques ont déjà fait l'objet de quelques recherches d'ensemble au point de vue de la Chimie physique. La réfraction et la dispersion moléculaires (1), ainsi que le pouvoir rotatoire magnétique (2) ont présenté des exaltations parfois considérables. La mesure de la susceptibilité magnétique a donné lieu également à d'intéressantes remarques (3).

Nous nous sommes proposé de faire l'étude thermochimique des mêmes substances, en vue d'obtenir des indications sur l'énergie incluse dans ces molécules, ainsi que sur celle qui entre en jeu dans la saturation de la triple liaison.

Nous devons à l'obligeante bienveillance de M. le professeur E. Jungfleisch d'avoir pu, au laboratoire de Chimie organique du Collège de France, déterminer les chaleurs de combustion d'un assez grand nombre de composés. Nos mesures ont porté sur 33 corps acétyléniques, tous préparés par nous-mêmes à l'état de pureté, et sur quelques composés pos-

(1) Ch. Moureu, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. VII, avril 1906. — E. André, *Comptes rendus*, t. 151, p. 77.

(2) Ch. Moureu, P.-Th. Muller et J. Varin, *Comptes rendus*, t. 157, p. 679.

(3) P. Pascal, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. XI, p. 636.

sédant une liaison éthylénique ou une liaison simple aux lieu et place de la liaison acétylénique.

Les résultats essentiels de nos déterminations sont présentés dans le Tableau ci-dessous.

Dans le calcul des poids moléculaires, nous avons fait usage, pour l'hydrogène, de la valeur $H = 1,008$, rapportée à $O = 16$. Le poids moléculaire de l'eau devient ainsi $H^2O = 18,016$; et la chaleur de formation de l'eau liquide se trouve, de ce fait, portée à $69^{cal},5$ (au lieu de 69^{cal}, pour $H = 1$).

Substances.	Formules.	Poids moléculaires.	Chaleurs de combustion		Chaleurs de formation.
			à volume constant.	à pression constante.	(cal)
	Carbures.				
Œnanthylidène	$C^5H^{11}-C\equiv CH$	96,09	1090,8	1092,4	− 15
Phényl-1-butine-3	$C^6H^5-CH^2-CH^2-C\equiv CH$	130,08	1340,1	1341,5	− 50,75
Phényl-1-butène-3	$C^6H^5-CH^2-CH^2-CH=CH^2$	132,09	1356,8	1358,4	+ 1,9
Phénylacétylène (phényléthine)	$C^6H^5-C\equiv CH$	102,05	1024,5	1025,3	− 62,3
Styrolène (phényléthène)	$C^6H^5-CH=CH^2$	104,06	1045,5	1046,6	− 14,0
Éthylbenzène (phényléthane)	$C^6H^5-CH^2-CH^3$	106,08	1094,3	1095,6	− 6,5
	Alcools.				
Amylpropiolique	$C^6H^5-C\equiv C-CH^2OH$	126,11	1191,8	1193,4	+ 47,8
Hexylpropiolique	$C^6H^{13}-C\equiv C-CH^2OH$	140,13	1339,9	1341,8	+ 63,3
Phénylpropiolique	$C^6H^5-C\equiv C-CH^2OH$	132,06	1138,1	1138,8	− 11,9
Amylphénylpropiolique (Benzaldéhyde-œnanthylidène)	$C^5H^{11}-C\equiv C-CHOH-C^6H^5$	202,14	1901,4	1903,5	+ 42,2
	Aldéhydes.				
Phénylpropiolique	$C^6H^5-C\equiv C-CHO$	130,05	1081,7	1082,2	− 24,9
	Acétals.				
Diacétal de l'aldéhyde acétylène-dicarbonique.	$(C^2H^5O)^2=CH-C\equiv C-CH=(OC^2H^5)^2$	230,17	1723,0	1724,9	+171,3
Acétal amylpropiolique	$C^5H^{11}-C\equiv C-CH(OC^2H^5)^2$	198,17	1788,2	1790,7	+105,9
Acétal hexylpropiolique	$C^6H^{13}-C\equiv C-CH(OC^2H^3)^2$	212,19	1944,5	1946,7	+114,2
	Cétones.				
Acétylphénylacétylène	$C^6H^5-C\equiv C-CO-CH^3$	144,06	1235,6	1236,4	− 15,2
Propionylphénylacétylène	$C^6H^5-C\equiv C-CO-C^2H^5$	158,08	1386,1	1387,2	− 2,2
Butyrylphénylacétylène	$C^6H^5-C\equiv C-CO-C^3H^7$	172,10	1538,4	1539,7	+ 9,2
Isovalérylphénylacétylène	$C^6H^5-C\equiv C-CO-C^4H^9$ (iso)	186,11	1721,1 (1)	1722,7	− 10,0
Caproylphénylacétylène	$C^6H^5-C\equiv C-CO-C^5H^{11}$	200,13	1833,7	1835,6	+ 41,0
Benzoylphénylacétylène	$C^6H^5-C\equiv C-CO-C^6H^5$	206,08	1787,5 (pris à l'état solide)	1789,4	− 27,2
Propionylphénylbutine	$C^6H^5-CH^2-CH^2-C\equiv C-CO-C^2H^5$	186,11	1686,9	1688,5	+ 24,2

(1) Ce composé présente une chaleur de combustion très anormale; la loi d'homologie ferait prévoir 1695 environ; c'est donc un excès de 30^{cal}. Nous avons constaté d'autres anomalies dans son étude.

Substances.	Formules.	Poids moléculaires.	Chaleurs de combustion à volume constant.	Chaleurs de combustion à pression constante.	Chaleurs de formation.
	Acides.				
Amylpropiolique	$C^5H^{11}-C\equiv C-CO^2H$	140,09	1082,9	1084,0	cal + 87,6
Hexylpropiolique	$C^6H^{13}-C\equiv C-CO^2H$	154,11	1231,8	1233,1	+102,4
Phénylpropiolique	$C^6H^5-C\equiv C-CO^2H$	146,05	1022,0	1022,3	+ 35,0
			(pris à l'état solide)		
	Éthers-sels.				
Propiolate d'éthyle	$HC\equiv C-CO^2(C^2H^5)$	98,05	635,1	635,4	+ 44,7
Acétylène-dicarbonate d'éthyle	$(C^2H^5)O^2C-C\equiv C-CO^2C^2H^5$	170,06	958,2	958,5	+143,6
Amylpropiolate d'éthyle	$C^5H^{11}-C\equiv C-CO^2(C^2H^5)$	168,13	1393,7	1395,3	+104,1
Hexylpropiolate d'éthyle	$C^6H^{13}-C\equiv C-CO^2(C^2H^5)$	182,14	1550,4	1552,3	+110,9
Hexylpropiolate de propyle	$C^6H^{13}-C\equiv C-CO^2(C^2H^5)$	196,16	1716,8	1719,0	+108,1
Phénylpropiolate de méthyle	$C^6H^5-C\equiv C-CO^2(CH^3)$	160,06	1196,9	1197,4	+ 23,8
			(pris à l'état solide)		
Phénylpropiolate d'éthyle	$C^6H^5-C\equiv C-CO^2(C^2H^5)$	174,08	1339,1	1339,9	+ 45,1
	Amides.				
Amylpropiolamide	$C^5H^{11}-C\equiv C-CO-NH^2$	139,11	1150,3	1151,5	+ 55,0
Hexylpropiolamide	$C^6H^{13}-C\equiv C-CONH^2$	153,13	1307,9	1309,4	+ 60,9
Phénylpropiolamide	$C^6H^5-C\equiv C-CONH^2$	145,06	1096,5	1096,9	− 4,8
	Nitriles.				
Nitrile amylpropiolique	$C^5H^{11}-C\equiv C-CN$	121,09	1164,5	1165,7	− 28,8
Nitrile phénylpropiolique	$C^6H^{13}-C\equiv C-CN$	127,04	1118,3	1118,8	− 96,2

Conclusions. — Quelques relations thermiques entre divers composés acétyléniques, éthyléniques ou saturés étaient déjà connues (Berthelot, Matignon, Stohmann, etc.). Les données nombreuses et très variées que nous apportons ont permis de faire toute une série de comparaisons et de rapprochements. Leur discussion détaillée sera présentée ultérieurement dans un autre Recueil. Nous nous bornerons ici à formuler quelques conclusions générales :

1° La chaleur d'hydruration des composés acétyléniques en composés saturés est considérable.

De l'ordre de 80^{cal} dans la série grasse, elle est très sensiblement moindre dans la série aromatique, où la réaction reste néanmoins fortement exothermique.

La fixation de la première moitié de l'hydrogène (2^{at}), pour former un composé éthylénique, libère *généralement* plus de la moitié de la chaleur dégagée dans la saturation complète.

2° L'excès d'énergie de la triple liaison sur la liaison simple, dans les premiers termes de la série des hydrocarbures, est d'environ 70^{cal}. On

peut appeler cet excès d'énergie *incrément thermochimique* de la liaison acétylénique.

Si l'on prend cet incrément des premiers termes comme coefficient fixe, on pourra avoir, dans les différentes séries, des exaltations ou des abaissements plus ou moins notables (¹).

3° La fixation de l'eau sur un carbure acétylénique, avec formation d'une cétone, dégage une énorme quantité de chaleur (de l'ordre de 40^{cal}). On conçoit ainsi que ces réactions soient irréversibles, contrairement à l'hydratation des nitriles en amides et des carbures éthyléniques en alcools, qui est beaucoup moins exothermique (respectivement 10^{cal} et 15^{cal} environ), et qui constitue dans les deux cas une réaction réversible.

PARASITOLOGIE. — *Les macaques et les chiens sont sensibles au kala-azar indien comme au kala-azar méditerranéen.* Note de M. **A. Laveran**.

Le kala-azar méditerranéen doit-il être identifié au kala-azar indien ou bien s'agit-il de deux entités morbides distinctes? Un des principaux arguments invoqués en faveur de cette dernière opinion a été que le kala-azar méditerranéen était inoculable aux chiens et aux macaques, tandis que ces animaux étaient réfractaires au kala-azar indien.

Un certain nombre de faits publiés dans ces derniers temps ont infirmé déjà cet argument.

Row a réussi à infecter des *Macacus sinicus* (infections locales dans trois cas, infection générale dans un cas) et des souris; Donovan a infecté un jeune chien; Patton a inoculé avec succès : 4 *Macacus sinicus*, 4 chiens, 1 chacal et 1 rat blanc; Mackie : 1 *Macacus rhesus* et 1 souris blanche (²).

(¹) Cette remarque est analogue à celles qui ont été faites dans l'étude de la réfraction et de la dispersion moléculaires (*loc. cit.*), ainsi que dans celle du pouvoir rotatoire magnétique (*loc. cit.*).

Nous tenons à rappeler que Lemoult, dans un important Mémoire sur la chaleur de combustion des composés organiques (*Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, t. I, p. 496), a fait une tentative fort intéressante en vue de pouvoir calculer, à l'aide de coefficients spéciaux, les chaleurs de formation de la plupart des corps organiques, et en particulier des composés acétyléniques, quand on connaît simplement leur structure moléculaire.

(²) A. Laveran et C. Nicolle, Rapport sur le kala-azar méditerranéen ou infantile au XVIIᵉ Congrès international de Médecine, Londres, 1913. — Donovan, Patton, Mackie, *Proceed. of the third meeting of the gen. malaria Committee*, Madras, novembre 1912, et *The indian Journal of med. research*, juillet 1913.

Grâce à l'obligeance de M. le Dr Row, qui m'a envoyé des Indes une culture de *Leishmania Donovani*, j'ai pu inoculer à l'Institut Pasteur le virus du kala-azar indien à différents animaux. On s'accorde à reconnaître que les inoculations des cultures de *Leishmania* réussissent moins facilement que celles des *Leishmania* qui se trouvent dans les tissus ou les viscères des hommes ou des animaux infectés de kala-azar, et c'est en se servant principalement de ce dernier procédé que les observateurs anglais cités plus haut ont réussi à inoculer quelques animaux. Malgré les conditions défavorables où j'étais placé, n'ayant à ma disposition que des cultures, j'ai pu constater des faits qui démontrent très nettement l'inoculabilité aux *Macacus sinicus* et aux chiens du kala-azar indien.

Le 2 mai 1913, j'ai reçu un tube de culture qui avait été ensemencé par M. le Dr Row à Bombay, le 29 mars précédent, avec une culture de *Leishmania Donovani* ayant subi une série de passages, depuis le mois de décembre 1912; le tube contenait encore quelques Flagellés mobiles qui, repiqués sur milieu de Novy simplifié, donnèrent de belles cultures; ce sont ces cultures qui ont été utilisées pour mes expériences.

Deux *Macacus sinicus* inoculés dans le foie se sont infectés; ils font l'objet des observations 1 et 2; les deux singes ont succombé; chez l'un d'eux, une complication (diarrhée) a hâté la mort, l'infection était légère; l'autre a succombé certainement au kala-azar; des *Leishmania* en grand nombre existaient dans la moelle osseuse, la rate et le foie.

1° Un *Macacus sinicus* ♂, du poids de $1^{kg},850$, reçoit le 10 juin 1913, dans le foie, 4^{cm^3} d'une culture très riche de *Leishmania Donovani.* — 30 juin, le singe a maigri, il ne pèse plus que $1^{kg},650$. — 21 juillet, le singe a repris son poids primitif de $1^{kg},850$. — 29 juillet, la rate est un peu augmentée de volume. Le singe reçoit encore, dans le foie, 2^{cm^3} d'une culture riche de *L. Donovani.* — 18 août, le singe a beaucoup maigri, il ne pèse plus que $1^{kg},480$. — 30 août, l'amaigrissement continue, le singe est moins vif, il mange moins qu'à l'ordinaire, diarrhée.

Le singe est trouvé mort le 9 septembre, il ne pèse plus que $1^{kg},200$. La rate pèse $2^{g},30$. Foie pâle. Petites ulcérations sur la muqueuse du colon. Poumons pâles. Anémie et maigreur extrêmes.

Dans les frottis colorés de la moelle osseuse et de la rate, *Leishmania* très rares. On ne trouve pas de *Leishmania* dans les frottis du foie.

La moelle osseuse ensemencée, le 9 septembre, sur le milieu de Novy simplifié, donne, le 23 septembre, une belle culture de Flagellés, bien caractérisés, qui est repiquée avec succès en série.

2° Un *Macacus sinicus* ♀, du poids de $1^{kg},850$, reçoit le 10 juin 1913, dans le foie, 4^{cm^3} d'une culture très riche de *Leishmania Donovani.* — 30 juin, le singe a maigri, il pèse $1^{kg},710$. — 28 juillet, l'amaigrissement s'accentue, le singe ne pèse plus que

$1^{kg},550$. — 18 août, poids : $1^{kg},500$; injection, dans le foie, de 2^{cm^3} d'une culture très riche de *L. Donovani*. — 30 septembre, poids : $1^{kg},500$; injection, dans le foie, de 2^{cm^3} d'une culture très riche de *L. Donovani*. — 5 novembre, le singe a encore un peu maigri, il ne pèse plus que $1^{kg},400$; il est moins vif qu'à l'ordinaire ; on le trouve presque toujours blotti dans un coin de sa cage ; il mange peu. La rate est légèrement augmentée de volume.

Le singe est trouvé mort le 9 novembre. Il pèse $1^{kg},400$. La rate pèse 7^{g}, elle est dure. Foie d'aspect normal. Reins pâles. Rien à noter du côté du cœur ni des poumons.

Dans les frottis de la rate, du foie et de la moelle osseuse, on trouve des *Leishmania* en grand nombre. Beaucoup de cellules du foie et de la moelle osseuse sont bourrées d'éléments parasitaires caractéristiques. Dans le foie, les *Leishmania* siègent principalement dans les cellules endothéliales des capillaires sanguins.

Chez les chiens, les résultats des inoculations ont été moins favorables. Sur 9 chiens inoculés, dans le foie ou dans la veine, 3 seulement se sont infectés et ils n'ont eu que des infections légères. Il est vrai de dire que j'avais choisi pour mes expériences de très jeunes chiens, qui s'infectent plus facilement de kala-azar que les chiens adultes, et que plusieurs d'entre eux ont succombé à des broncho-pneumonies, trop rapidement, peut-être, après l'inoculation pour laisser au kala-azar le temps d'évoluer.

Les formes légères, latentes, sont communes dans les infections du chien dues à la *L. infantum*, comme dans celles que produit la *L. Donovani*; si bien que sur le cadavre, pour reconnaître l'existence de la maladie, il est parfois nécessaire de faire des ensemencements de la moelle osseuse ou de la rate [1].

L'observation suivante est celle d'un jeune chien qui s'est infecté après avoir reçu, dans le foie, deux injections de cultures riches en *Leishmania Donovani* (3^{cm^3} en tout). Le chien, très malade, a dû être sacrifié 52 jours après la première inoculation; la leishmaniose se serait généralisée peut-être s'il avait vécu plus longtemps.

3° Un chien, âgé de 40 jours, du poids de $1^{kg},300$, reçoit le 4 août 1913, dans le foie, 1^{cm^3} d'une culture très riche de *Leishmania Donovani*. — 10 août, le chien, qui pèse $1^{kg},400$ est inoculé une deuxième fois; il reçoit, dans le foie, 2^{cm^3} d'une culture très riche de *L. Donovani*. — 31 août, le chien va très bien, il pèse $1^{kg},840$. — 23 septembre, le chien pèse 2^{kg}; il ne paraît pas malade. — 25 septembre, le chien est pris brusquement de mouvements convulsifs, il reste couché sur le côté gauche; quand on le place sur le côté droit il se retourne de l'autre côté.

Le chien est sacrifié le 25 septembre. La rate pèse 7^{g}. Le foie, les reins, le tube digestif, le cœur, les poumons ne présentent rien d'anormal. Les méninges cérébrales sont vivement injectées du côté gauche.

---

(1) A. LAVERAN et A. PETTIT, *Soc. de Pathologie exotique*, 8 décembre 1909.

Les frottis de moelle osseuse colorés au Giemsa montrent quelques *Leishmania;* les frottis de rate et de foie n'en montrent pas. Deux tubes du milieu de culture de Novy simplifié, ensemencés avec la moelle osseuse, donnent de belles cultures de Flagellés tout à fait caractéristiques.

Au point de vue morphologique, la *L. Donovani* présente la plus grande ressemblance avec la *L. infantum;* le parasite du kala-azar indien est un peu plus petit que celui du kala-azar méditerranéen, mais les différences que j'ai notées dans les dimensions sont beaucoup trop faibles pour être caractéristiques; quant aux éléments flagellés des cultures des parasites des deux origines, ils m'ont paru identiques.

En résumé, j'ai obtenu, chez les singes et chez les chiens, avec les cultures de la *L. Donovani,* des résultats tout à fait comparables à ceux qu'on obtient avec la *L. infantum;* les singes se sont même montrés plus sensibles au virus du kala-azar indien qu'à celui du kala-azar méditerranéen (en culture) que j'avais expérimenté précédemment. Il n'est plus possible aujourd'hui de contester l'identité du kala-azar indien et du kala-azar méditerranéen en se basant sur la différence des résultats obtenus dans les inoculations des deux virus aux animaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence du silicium sur la solubilité du carbone dans le fer.* Note de MM. **Georges Charpy** et **André Cornu.**

Pour compléter les indications relatives à la séparation du graphite dans les alliages de fer et de silicium que nous avons résumées dans une Note présentée à l'Académie le 26 mai 1913, il nous a paru utile d'effectuer un certain nombre de déterminations relatives à la solubilité du carbone dans des alliages de fer avec des proportions variables de silicium.

Nos essais ont porté sur cinq alliages obtenus en fondant au creuset une fonte très pure avec du ferro-silicium et dont les compositions sont données dans le Tableau suivant :

Numéros.	C.	Si.	Mn.	Ph.	S.
1	1,97	2,23	0,25	0,014	0,018
2	1,88	3,16	0,25	0,015	0,016
3	2,08	4,22	0,26	0,016	0,018
4	2,12	5,84	0,25	0,019	0,016
5	2,01	6,77	0,26	0,018	0,016

Ces lingots ont été soumis ensuite à un recuit de 3 heures à 1000°, suivi

d'un refroidissement lent (80° à l'heure), ce qui a amené la transformation complète du carbone en graphite. On y a découpé alors des plaquettes de 15mm d'épaisseur, qui ont servi aux essais, effectués suivant la technique précédemment indiquée par l'un de nous pour la détermination de la solubilité du graphite dans le fer (¹), savoir : chauffage prolongé à une température déterminée suivi d'un refroidissement brusque; élimination par meulage des parties superficielles oxydées et prélèvement au milieu de l'échantillon de limaille sur laquelle on dosait le carbone total et le carbone graphitoïde, la différence de ces deux chiffres donnant le carbone dissous.

Les résultats ainsi obtenus sont résumés dans le Tableau suivant :

Conditions de chauffage.

600° pendant 2h40.		700° pendant 2h30.		800° pendant 1h30.		900° pendant 1h.		1000° pendant 1h.			
C. total.	Graphite.	C. total.	Graphite.	C. total.	Graphite.	C. total.	Graphite.	C. total.	Graphite.		
1,93	1,89	2,03	1,96	1,98	1,39	1,88	1,09	2,03	0,87	0,87	0,91
1,89	1,90	1,93	1,87	1,93	1,92	1,85	1,18	1,82	0,96	1,00	0,79
2,04	2,09	2,15	2,07	2,12	1,83	2,09	1,93	2,03	1,28	1,34	1,37
2,15	2,05	2,13	1,90	2,09	2,03	2,14	2,20	2,12	1,74	1,60	1,78
2,05	1,97	2,01	1,98	1,98	1,91	2,04	1,88	1,97	1,67	1,77	1,78

En tenant compte du degré de précision des expériences, on peut déduire de ces chiffres les valeurs probables des solubilités indiquées ci-dessous :

Teneurs en silicium.	Températures. 600°.	700°.	800°.	900°.	1000°.
2,23	0	0	0,6	0,8	1,1
3,16	0	0	0	0,7	0,9
4,22	0	0	0	0,2	0,7
5,84	0	0	0	0	0,3
6,77	0	0	0	0	0,2

Ces résultats ont été contrôlés, d'une part, par des essais colorimétriques Eggertz; d'autre part, par des essais de dureté sur les échantillons trempés.

Les essais Eggertz ne permettent pas de déterminer les teneurs réelles en carbone sur des échantillons trempés, comme l'a montré depuis longtemps M. A. Carnot, mais ils donnent cependant une indication qualitative

(¹) G. Charpy, *Sur la solubilité du graphite dans le fer* (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1277).

qui, dans le cas actuel, corrobore nettement les déterminations gravimétriques données ci-dessus; les teneurs en carbone calculées d'après la méthode Eggertz sont, en effet, sensiblement proportionnelles aux teneurs en carbone dissous déterminées par différence des dosages directs de carbone total et de graphite.

Les mesures de dureté sur échantillons trempés indiquent également une variation avec la composition et la température, très voisine de celle qui correspond à la teneur en carbone dissous. C'est ce que fait ressortir le Tableau suivant, dans lequel on a inscrit pour les différents alliages les chiffres de dureté déduits d'un essai Brinnell avec bille de 10^{mm} de diamètre sous une charge de 3000^{kg}. Les essais étaient faits sur une surface obtenue à l'intérieur de l'échantillon en le cassant en deux et dressant à la meule la surface de rupture de façon à éliminer l'influence de l'oxydation superficielle.

Teneurs en silicium.	Duretés après trempe à 600°.	700°.	800°.	900°.	1000°.
2,23	131	133	375	483	329
3,16	145	155	186	491	424
4,22	159	159	170	418	444
5,84	268	269	267	291	307
6,77	300	283	268	285	éclaté

Le silicium diminue donc graduellement la solubilité du carbone dans le fer, qui devient pratiquement nulle à 900°, quand la teneur en silicium dépasse 4 pour 100, et à 1000° environ, quand la teneur en silicium dépasse 7 pour 100.

M. **Paul Sabatier** adresse la lettre suivante :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie *La catalyse en Chimie organique*, Ouvrage que je viens de publier dans l'Encyclopédie de science chimique appliquée aux arts industriels, éditée sous la direction de M. Chabrié.

J'ai cherché à faire un exposé succinct et méthodique des travaux très variés que permettent d'effectuer en Chimie organique les méthodes basées sur la catalyse, méthodes qui ont pris depuis quelques années un développement si important. J'ose espérer que ce Livre, édité avec beaucoup de soin par M. Bérenger, rendra des services aux chimistes et leur facilitera les moyens d'effectuer de nouvelles conquêtes sur les champs si féconds des actions catalytiques.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résident qui devra occuper la cinquième place, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 53,

M. Gosselet	obtient.........	39	suffrages
M. Duhem	»	9	»
M. Grand'Eury	»	2	»
M. de Forcrand	»	1	suffrage
M. Maupas	»	1	»
M. Stéphan	»	1	»

M. **Gosselet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui devra faire partie du *Conseil supérieur de l'Agriculture*.

M. **de Gironcourt** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1913.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les progrès de la Chimie en* 1912, traduction des *Annual Reports on the progress of Chemistry for* 1912, Vol. IX, issued by The Chemical Society, London. (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Mission hydrographique Congo-Oubanghi-Sanga* 1910-1911. Rapport d'ensemble de M. H. Roussilhe (Présenté par M. Ph. Hatt.)

3° *Feuille de coupes de Foix et Notice explicative*, par M. Léon Bertrand. (Présentée par M. Pierre Termier.)

4° *Thérapeutique générale basée sur la pathologie chimique*, par le Dr Grasset. II : *Médications de la défense dans les divers appareils*. (Présenté par M. Guyon.)

5° *Carte du bassin moyen du Yéchil Irmaq*, levée et dessinée par G. Jerphanion. (Présentée par M. Ch. Lallemand.)

ASTRONOMIE. — *Sur le retour de la comète Giacobini* (1900 III). Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les éléments d'une orbite elliptique de la comète (1913 *e*), que j'ai calculée à l'aide d'observations faites à Bamberg, à Alger et à Paris.

En regard, sous la même forme, se trouvent reproduits les éléments de la comète *Giacobini* (1900 III) donnés par la *Connaissance des Temps*.

Comète 1913 *e*.	Comète Giacobini 1900 III.
T = 1913 novembre 1,989 (t. m. Paris)	T = 1900 novembre 28,178 (t. m. Paris)
$\omega = 171°.28',25$	$\omega = 171°.19',27$
☊ $= 195.36,30$	☊ $= 196.36,12$
$i = 30.33,10$	$i = 29.52,16$
$\varphi = 47.12,25$	$\varphi = 47.38,21$
$\log a = 0,54560$	$\log a = 0,55323$
$\log \mu = 2,73160$	$\log \mu = 2,72015$

De la comparaison de ces deux systèmes d'éléments, il ressort d'une manière certaine qu'il s'agit bien du même astre et, dès à présent, la durée de révolution de la comète *Giacobini* (1900 III) peut être précisée à quelques millièmes d'année près. Elle est de $6^a,464$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une famille de systèmes triplement orthogonaux*. Note de M. **E. Keraval**.

Je me propose dans cette Note de démontrer le théorème suivant :

Étant données les surfaces

$$(\Sigma) \qquad u(x, y, z) = \text{const.},$$

s'il arrive que les lignes asymptotiques du premier système admettent des surfaces trajectoires orthogonales $Q_1 = \text{const.}$, *et que de même les lignes asymptotiques du deuxième système admettent des surfaces trajectoires orthogonales* $Q_2 = \text{const.}$, *alors les surfaces* (Σ) *appartiennent à un système triple orthogonal. En outre la détermination des surfaces* (Σ) *revient à la recherche des solutions communes à deux équations aux dérivées partielles du troisième ordre linéaires par rapport aux dérivées de cet ordre.*

Les axes de coordonnées étant rectangulaires et quelconques, si l'on désigne les dérivées de $u(x, y, z)$ par $u_1, u_2, u_3, u_4, \ldots$, les conditions pour que les surfaces (Σ) possèdent des surfaces trajectoires orthogonales pour les deux systèmes de lignes asymptotiques s'obtiennent en éliminant X, Y, Z entre les trois équations

$$u_1 X + u_2 Y + u_3 Z = 0,$$
$$u_{11} X^2 + u_{22} Y^2 + u_{33} Z^2 + 2 u_{23} YZ + 2 u_{31} ZX + 2 u_{12} XY = 0,$$
$$X\left(\frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y}\right) + Y\left(\frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z}\right) + Z\left(\frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x}\right) = 0.$$

En supposant $u_3 \neq 0$, nous pouvons tirer Z de la première; la deuxième donne alors $\frac{Y}{X}$ et nous pouvons poser

$$X = u_{22} u_3^2 + u_{33} u_2^2 - 2 u_{23} u_2 u_3,$$
$$Y = - u_{12} u_3^2 + u_{23} u_1 u_3 + u_{31} u_2 u_3 - u_{33} u_1 u_2 \pm u_3 \sqrt{M},$$
$$Z = - u_{31} u_2^2 + u_{23} u_1 u_2 + u_{12} u_2 u_3 - u_{22} u_1 u_3 \mp u_2 \sqrt{M},$$

avec

$$- M = U_{11} u_1^2 + U_{22} u_2^2 + U_{33} u_3^2 + 2 u_2 u_3 U_{23} + 2 u_3 u_1 U_{31} + 2 u_1 u_2 U_{12},$$

U_{ik} désignant le coefficient de u_{ik} dans le hessien de la fonction u.

Si l'on remplace X, Y, Z par ces valeurs dans la troisième équation du début, il faudra égaler à zéro le coefficient de $\sqrt{M}$ et le terme indépendant u qui fournit les deux équations cherchées :

$$\text{(I)} \qquad M(u_3 u_{21} - u_2 u_{31}) = X(A'_z - B'_y) + A(B'_x - X'_z) + B(X'_y - A'_x),$$

$$\text{(II)} \quad X\left(u_1 \frac{\partial M}{\partial x} + u_2 \frac{\partial M}{\partial y} + u_3 \frac{\partial M}{\partial z}\right)$$
$$+ 2M[(u_{33} + u_{22})X - A u_{21} - B u_{31} + u_3(B'_x - X'_z) + u_2(A'_x - X'_y)] = 0,$$

A et B désignant l'ensemble des termes qui précèdent le radical dans les valeurs de Y et Z.

Si maintenant nous prenons pour origine un point quelconque de l'espace et pour Oy, Oy les tangentes aux lignes de courbure de la surface Σ

qui passe en ce point, on aura u_1, u_2, u_{12} nuls et les équations (I), (II) deviendront respectivement

$$(\mathrm{I}') \qquad u_3 u_{123} - 2 u_{13} u_{23} = 0,$$

$$(\mathrm{II}') \qquad u_3(u_{11} u_{223} - u_{22} u_{113}) + 2 u_{11} u_{22}(u_{11} u_{22}) + 2 u_{22} u_{13}^2 - 2 u_{11} u_{23}^2 = 0,$$

après avoir toutefois divisé la première par $u_{22} u_3^3$ et la deuxième par $u_{22} u_3^4$. Si u_{22} était nul, on ferait le calcul en partant de $\frac{X}{Y}$ et l'on trouverait les mêmes équations, en supposant cette fois u_{11} différent de zéro. Donc, en tout point de l'espace, la fonction désignée par S par M. Darboux, et dont la forme réduite est

$$S = 2 u_3^3 (u_{11} - u_{22})(u_3 u_{123} - 2 u_{13} u_{23}),$$

est nulle; donc les surfaces (Σ) appartiennent à un système triple orthogonal. La détermination de toutes ces surfaces revient à la recherche des solutions communes aux équations (I), (II), qui sont bien de la forme indiquée dans l'énoncé du théorème.

Premier exemple. — Il m'a été fourni par l'étude du complexe des droites qui coupent une quadrique Q à centre sous des angles égaux.

Ce complexe est formé par les cordes des polhodies de Q. On peut écrire son équation

$$\alpha \mathrm{LYZ} + \beta \mathrm{MZX} + \gamma \mathrm{NXY} = 0,$$

X, Y, Z, L, M, N désignant les six coordonnées de la droite. C'est aussi le complexe des normales aux surfaces $x^\alpha y^\beta z^\gamma = \text{const.}$, et à un complexe de cette forme correspondent deux familles de quadriques $Q_1 = \text{const.}$, $Q_2 = \text{const.}$ qui sont réelles ou imaginaires suivant le signe de l'expression $\frac{\alpha\beta\gamma}{\alpha+\beta+\gamma}$. On peut toujours supposer $\alpha + \beta + \gamma + \alpha\beta\gamma = 0$; mais si l'on veut que α, β, γ représentent des quantités réelles, on remplacera α, β, γ par αi, βi, γi si les lignes asymptotiques de

$$(\Sigma_1) \qquad x^\alpha y^\beta z^\gamma = \text{const.}$$

sont imaginaires. Les quadriques Q_1, Q_2 ont pour équations

$$(Q_1) \qquad (1-\beta)x^2 + (1+\alpha)y^2 + (1+\alpha\beta)z^2 = \text{const.},$$

$$(Q_2) \qquad (1+\beta)x^2 + (1-\alpha)y^2 + (1+\alpha\beta)z^2 = \text{const.}$$

On sait d'autre part que ces surfaces (Σ_1) appartiennent à un système triple orthogonal qu'on retrouve facilement en cherchant les surfaces qui

contiennent les trajectoires orthogonales de (Σ_1) et partagent en deux parties égales l'angle des surfaces Q_1, Q_2 qui passent par chaque trajectoire orthogonale. Par exemple, dans le cas de

$$\alpha = \beta = \gamma = i\sqrt{3},$$

on retrouve la forme même de Cayley, et alors

$$Q_1 \equiv \omega\, x^2 + \omega^2 y^2 + z^2,$$
$$Q_2 \equiv \omega^2 x^2 + \omega\, y^2 + z^2,$$

ω, ω^2 étant les racines cubiques imaginaires de l'unité.

Autres exemples. — M. Darboux, dans son Traité sur les systèmes orthogonaux, a examiné le cas des surfaces (Σ) formées de quadriques ayant pour axes Ox, Oy, Oz. On est conduit aux équations intégrées par Halphen et M. Darboux (p. 114, *Surfaces ortho*). Enfin on est conduit à des équations facilement intégrables en cherchant pour les surfaces (Σ) des équations de la forme de M. Bouquet

$$u = X + Y + Z = F(x) + G(y) + H(z).$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux conjugués à suite de Laplace périodique.* Note de M. **Tzitzéica.**

1. Soient (x) un réseau conjugué qui se reproduit après n transformations de Laplace et

(1) $$\frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v}\, a + \frac{\partial x}{\partial u} + b\frac{\partial x}{\partial v} + cx = 0,$$

l'équation de Laplace correspondante. Les coordonnées $x^{(i)}$ de x vérifient (1) et l'équation

(2) $$x_n = mx,$$

x_n désignant la $n^{\text{ième}}$ transformée de Laplace de la solution x de (1), les variables u et v pouvant être choisies de manière que l'on ait $m = \text{const.}$ En dérivant les deux membres de (2) par rapport à u, on obtient d'autres équations de la forme

$$x_{n-1} = mA_1 x_{-1}, \qquad x_{n-2} = mA_{-2} x_2, \qquad \ldots, \qquad x_{n-q} = A_q x_{-q}, \qquad \ldots.$$

On peut obtenir ainsi une ou deux équations linéaires aux dérivées partielles qui forment avec (1) un système complet. Il résulte de là que *le réseau (x) est contenu dans un espace linéaire à $n-1$ dimensions où il est la projection d'un tel réseau sur un espace à moins de dimensions.*

2. En partant du réseau (x) identique à son $n^{\text{ième}}$ transformé de Laplace on peut déduire d'autres réseaux jouissant de la même propriété. Un premier moyen c'est la dualité. Soient x le point qui décrit le réseau (x), $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$ ses transformés successifs de Laplace. Considérons le pôle y de l'hyperplan défini par les points $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$ par rapport à la quadrique Q

$$(Q) \qquad \Sigma x^2 = 0,$$

c'est-à-dire le point déterminé par les équations

$$(3) \qquad \Sigma y x_1 = 0, \quad \Sigma y x_2 = 0, \quad \ldots, \quad \Sigma y x_{n-1} = 0,$$

auxquelles on peut ajouter $\Sigma y x = 1$ pour fixer le coefficient de proportionnalité des $y^{(i)}$. On démontre que *ce point décrit un réseau conjugué (y) à suite de Laplace périodique* et que le système analogue à (1) et (2) est formé par l'adjointe de (1) et par

$$y_n = (-1)^n m y.$$

Il résulte de là qu'il n'y a que les réseaux à invariants égaux à suite périodique pour lesquels n est pair qui soient autopolaires par rapport à la quadrique Q. C'est un résultat que j'ai obtenu antérieurement comme une généralisation d'un problème de M. Guichard (*Comptes rendus*, 14 avril 1913, p. 1136).

3. Considérons maintenant le point z défini par

$$z = R x_1 - R_1 x,$$

situé sur la droite $x x_1$; il décrit sur un réseau (z) en même temps que x. Son $p^{\text{ième}}$ transformé de Laplace z_p se trouve sur la droite $x_p x_{p+1}$. Le point z_n sera situé sur la droite $x x_1$ et sera en général distinct de z, parce que R_n est une solution de (1), distincte en général de R. Le point z_n se confond avec z seulement si l'on a

$$R_n = m' R, \qquad m' = \text{const.}$$

Si $m' = m$, les points z, z_1, ..., z_n sont l'intersection des côtés du polygone $x x_1 x_2 \ldots x_{n-1}$ par un hyperplan fixe.

Si l'on considère deux réseaux (z') et (z'') analogues au réseau précédent (z) et à suite périodique, on démontre que les droites $z'z'_1$ et $z''z''_1$ se coupent et que le point d'intersection décrit aussi un réseau à suite périodique.

On aura de même des suites périodiques déduites de la suite (y), (y_1), ..., (y_{n-1}). Par dualité, on obtiendra encore d'autres suites périodiques. Par exemple, de la suite (z), (z_1), ..., (z_{n-1}) inscrite dans la suite (x), (x_1), ..., (x_{n-1}) on déduira une suite (t), (t_1), ... (t_{n-1}) circonscrite à la suite (y), (y_1), ..., (y_{n-1}); en d'autres termes les points y, y_1, ..., y_{n-1} sont situés sur les côtés du polygone $t t_1 \ldots t_{n-1}$.

Remarque. — Il résulte de ce qui précède une propriété analytique importante des équations de Laplace (1) qui correspondent à des réseaux identiques à leurs $n^{\text{ièmes}}$ transformés, à savoir : si l'on considère une solution quelconque R et ses transformées successives de Laplace, alors les R_{qn}, q étant un entier positif ou négatif, sont aussi des solutions de la même équation (1).

GÉOMÉTRIE. — *Sur la quadrature des variétés.* Note de M. **Zoárd de Geöcze**, présentée par M. Émile Picard.

Désignons par R_p l'espace d'Euclide à p dimensions et désignons par $x_1, \ldots, x_p$ les coordonnées rectangulaires des points de R_p. Soient R_q et $y_1, \ldots, y_q$ des notations analogues pour $q \geqq p$. Soit a une constante finie et positive. Le point $A \equiv x_1, \ldots, x_p$ variant dans le cube P

$$0 \leqq x_i \leqq a \qquad (i = 1, \ldots, p)$$

de R_p, soient

$$f_j(x_1, \ldots, x_p) = f_j(A) \qquad (j = 1, \ldots, q)$$

des fonctions uniformes, bornées et continues de A. Désignons par A^0 le point de R_q dont les y_j sont égaux aux f_j. Le lieu V_p^q des A^0 sera une variété p fois étendue de R_q. Nous allons définir pour V_p^q une quantité C_p^q qui sera pour V_1^q, V_2^3 la longueur de ligne courbe, V_1^q, respectivement l'aire de la surface courbe V_2^3 d'après les définitions de M. Lebesgue.

Soit, pour plus de simplicité, $p = 3$. Soit $\delta > 0$, $\delta < \frac{a}{2}$ et soit K un polyèdre d'Euler qui est compris dans P et qui contient le cube $\delta \leqq x_i \leqq a - \delta$.

Décomposons K en tétraèdres en nombre fini, de manière que deux quelconques de ces tétraèdres n'aient qu'une face ou une arête ou un sommet commun et que les longueurs de toutes les arêtes soient plus petites que δ. Désignons par $[\delta]$ cette décomposition. Soit M un sommet de l'un de ces tétraèdres, soit M' un tel point de R_q que $\overline{M'M^0} < \delta$. Soient L, M, N, O les sommets de l'un des tétraèdres de $[\delta]$.

Désignons par Σ la somme des volumes de tous les tétraèdres L'M'N'O'. C_3^q sera par définition la plus petite des limites des Σ pour $\delta = 0$ [1].

Désignons par F_3^4 la variété

$$y_1 = x_1, \qquad y_2 = x_2, \qquad y_3 = x_3, \qquad y_4 = f_4(x_1, x_2, x_3).$$

Faisant varier x_1 seul, soit H_1 la variation *totale* de f_4. H_1 est une fonction semi-continue sur la face $x_1 = 0$ de P et

$$\iint_{x_1=0} H_1\, dx_2\, x_3 = \int_0^a \left(\int_0^a H_1\, dx_2 \right) dx_3 = \int_0^a \left(\int_0^a H_1\, dx_3 \right) dx_2.$$

Soient H_2 et H_3 les analogues de H_1.

THÉORÈME 1. — *La condition nécessaire et suffisante pour que C_3^4 de F_3^4 soit finie est que les intégrales par défaut des H_1, H_2, H_3 soient finies.*

Décomposons P par des plans $x_i =$ const. ($i = 1, 2, 3$) en prismes droits (de bases rectangulaires) en nombre fini. Projetons la partie de F_3^4 qui correspond à l'un de ces prismes orthogonalement sur les espaces $y_j = 0$. *Ces projections auront des volumes.* Élevons ces volumes aux carrés, soit λ la racine carrée de la somme de ces quatre carrés. *Lorsque les diagonales de tous les prismes tendent vers zéro, la somme des λ tend vers une limite t qui ne dépend que de F_3^4.*

THÉORÈME 2. — *t et C_3^4 de F_3^4 sont à la fois finies ou infinies.*

THÉORÈME 3. — Nous disons que V_3^q est rectifiable lorsqu'il existe une constante finie et positive G, de manière que $\overline{A^0B^0} < G.\overline{AB}$, A et B étant deux points quelconques de P.

---

(1) On pourrait supposer que les f_j ne sont qu'uniformes et définir pour une telle V_p^q une C_p^q, mais aucune détermination de telles C_p^q n'est connue, sauf pour $p = 1$.

Lorsque V_3^q *est rectifiable*, C_3^q *est finie*.

Dans ce qui suit, nous supposons que C_3^q *et* F_3^4 *sont rectifiables*.

Décomposons chacun des prismes du théorème 1 en $6 = 3!$ tétraèdres dont les sommets sont des sommets du prisme. On peut ainsi obtenir une $[\delta]$. En choisissant les plans $x_i =$ const. *d'une manière très spéciale* et, en prenant $M' \equiv M^0$, *on aura*

$$\lim \Sigma = C_3^q \qquad (\delta = 0),$$

et pour F_3^4, C_3^4 *est égale à* t.

Théorème 4. — On généralise facilement pour V_3^q la définition qui a été donnée pour l'aire de V_2^3 *par M. Peano*. On généralise de même la définition de *l'invariant* de V_2^3 et la définition qui a été donnée pour l'aire de F_2^3 *par Hermite*.

Pour F_3^4, *les valeurs de M. Peano et de l'invariant sont égales à* t.

Pour V_3^q, *la valeur de Hermite est égale à* C_3^q.

Théorème 5. — *Lorsque les nombres dérivés des* f_j *sont intégrables, on obtient* C_3^q *par une intégrale triple, qui sera lorsque les* f_j *sont encore dérivables*

$$\iiint_P \left[\left(\frac{D(f_1, f_2, f_3)}{D(x_1, x_2, x_3)}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{D(f_{q-2}, f_{q-1}, f_q)}{D(x_1, x_2, x_3)}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} dx_1\, dx_2\, dx_3.$$

Théorème 6. — *Lorsque les* f_j *sont des fonctions continues d'un paramètre* μ, C_3^q *sera une fonction semi-continue de* μ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes ultrasphériques* $V_{m_1,\ldots,m_p}^{(s)}$. Note de M. **Kampé de Fériet**, présentée par M. Appell.

Dans l'espace à $p + s + 1$ dimensions, la fonction

$$F = [(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 + \ldots + (x_p - \xi_p)^2 + x_{p+1}^2 + \ldots + x_{p+s+1}^2]^{-\frac{p+s-1}{2}}$$

satisfait à l'équation de Laplace

$$\Delta_2 F = 0.$$

Sur l'hypersphère S

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_{p+s+1}^2 - 1 = 0,$$

on a le développement

$$[1 - 2x_1\xi_1 - \ldots - 2x_p\xi_p + \xi_1^2 + \ldots + \xi_p^2]^{-\frac{p+s-1}{2}} = \Sigma \xi_1^{m_1}\xi_2^{m_2}\ldots\xi_p^{m_p} V_{m_1\ldots m_p}^{(s)}$$

qui définit les polynomes ultrasphériques. Des développements de ce genre se présentent en Mécanique céleste [1].

Exprimons les coordonnées x du point P en coordonnées polaires $\rho, \theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_{p+s}$ et considérons les ξ comme les coordonnées d'un point A de rayon vecteur $\lambda < 1$ et d'angles polaires $\frac{\pi}{2}, \ldots, \frac{\pi}{2}, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{p-1}$. La fonction F prend la forme

$$\Phi = [\rho^2 - 2\lambda\rho\cos\varphi + \lambda^2]^{-\frac{p+s-1}{2}}, \qquad \varphi = (\widehat{\text{OP}, \text{OA}}).$$

A l'extérieur de S, Φ est partout harmonique et finie et l'on a

$$\Phi = \sum_\mu \frac{\lambda^\mu}{\rho^{\mu+p+s-1}} \Pi_A^{(\mu)}.$$

Donnons aux ξ d'autres valeurs ξ', coordonnées du point B de rayon vecteur $\frac{1}{\tau}$, $(\tau < 1)$ et d'angles polaires $\frac{\pi}{2}, \ldots, \frac{\pi}{2}, \beta_1, \ldots, \beta_{p-1}$. La fonction

$$\Psi = [\tau^2\rho^2 - 2\tau\rho\cos\psi + 1]^{-\frac{p+s-1}{2}}, \qquad \psi = (\widehat{\text{OP}, \text{OB}})$$

est harmonique et finie, sauf au point B. Pour $\rho < \frac{1}{\tau}$,

$$\Psi = \sum_\nu \tau^\nu \rho^\nu \Pi_B^{(\nu)}.$$

La formule de Green généralisée donne

$$\int_S^{p+s} \left(\Phi \frac{d\Psi}{dn} - \Psi \frac{d\Phi}{dn}\right) d\sigma = \int_\Sigma^{p+s} \left(\Psi \frac{d\Phi}{dn} - \Phi \frac{d\Psi}{dn}\right) d\sigma$$

(Σ = hypersphère de rayon infiniment petit entourant B),

d'où

$$\int_S^{p+s} \left[\Sigma \lambda^\mu \pi_A^{(\mu)} \Sigma \nu \tau^\nu \Pi_B^{(\nu)} + \Sigma(\mu + p + s - 1)\lambda^\mu \Pi_A^{(\mu)} \Sigma \tau^\nu \Pi_B^{(\nu)}\right] d\sigma$$
$$= \frac{p+s-1}{\tau^{p+s-1}} \Phi_B \int_S^{p+s} d\sigma = \frac{p+s-1}{[1 - 2\lambda\tau\cos\omega + \lambda^2\tau^2]^{\frac{p+s-1}{2}}} \int_S^{p+s} d\sigma,$$
$$\omega = (\widehat{\text{OA}, \text{OB}}).$$

Le deuxième membre ne dépend que de $\lambda\tau$; c'est la propriété connue [2]

[1] Les premiers exemples de polynomes ultrasphériques ont été donnés par Hermite (*Œuvres*, t. II).

[2] P. APPELL, *Rend. Circ. mat. Palermo*, t. XXXVI, 1913.

$\int VV' d\sigma = 0$, quand V et V' sont d'ordres différents. Identifions, intégrons par rapport aux variables $x_{p+s}, \ldots, x_{p+1}$ et posons

$$X_p = 1 - x_1^2 - \ldots - x_p^2, \qquad D_p = dx_1 \ldots dx_p, \qquad \Delta_p = \sqrt{\eta_1^2 + \ldots + \eta_p^2},$$
$$\mu_1 + \mu_2 + \ldots + \mu_p = m_1 + m_2 + \ldots + m_p = k,$$

il vient

$$\int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}} V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p} [\Sigma \eta_1^{\mu_1} \ldots \eta_p^{\mu_p} V^{(s)}_{\mu_1 \ldots \mu_p}] D_p$$
$$= \frac{p+s-1}{2k+p+s-1} \Delta_p^k V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}\left(\frac{\eta_1}{\Delta_p}, \ldots, \frac{\eta_p}{\Delta_p}\right) \int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}} D_p.$$

En identifiant les coefficients des η cette formule résout toutes les questions relatives à l'intégration des V.

Je signalerai cette généralisation d'une formule donnée par Didon pour les polynomes de Legendre. Prenons pour p un nombre pair $2p$ et remarquant que

$$V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p, 0 \ldots 0}(x_1 \ldots x_{2p}) = V^{(p+s)}_{m_1 \ldots m_p}(x_1 \ldots x_p),$$

faisons $\eta_1 = \eta_2 = \ldots = \eta_p = 0$, il vient après avoir posé $\sigma = p + s$

$$\int^{2p} X_{2p}^{\frac{\sigma-p-1}{2}} V^{(\sigma)}_{m_1 \ldots m_p}(x_1 \ldots x_p) V^{(\sigma)}_{\mu_1 \ldots \mu_p}(x_{p+1} \ldots x_{2p}) D_{2p}$$
$$= \frac{p+\sigma-1}{2k+p+\sigma-1} S_{\mu_1 \ldots \mu_p} V^{(\sigma)}_{m_1 \ldots m_p}(0, 0, \ldots, 0) \int^{2p} X_{2p}^{\frac{\sigma-p-1}{2}} D_{2p}.$$

$S_{\mu_1 \ldots \mu_p}$ désigne le coefficient de $\eta_{p+1}^{\mu_1} \ldots \eta_{2p}^{\mu_p}$ dans Δ_{2p}^k.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Propagation d'un signal lumineux dans un milieu dispersif.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. J. Violle.

I. Je prends la question telle que l'a posée M. le professeur Sommerfeld [1]. Le signal se propage dans la direction des x. A la profondeur $x = 0$, je suppose que l'état optique est

$$f(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0), \\ \sin \nu t & (t > 0). \end{cases}$$

[1] *Festschrift H. Weber*, p. 338. Teubner, Leipzig, 1912.

On développe la fonction f en intégrale de Fourier

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \mathrm{R}e \int_{+\infty}^{-\infty} \frac{e^{-int}}{n-\nu} dn,$$

où Re signifie partie réelle de....

Chaque terme n de l'intégrale est un mouvement vibratoire de pulsation n, uniforme de $t = -\infty$ à $t = +\infty$. On peut lui appliquer la formule de dispersion. A une profondeur x le signal est représenté par l'intégrale

$$(1) \qquad f(tx) = \frac{1}{2\pi} \mathrm{R}e \int_{+\infty}^{-\infty} \frac{e^{-in\left(t - \frac{\mu}{c} x\right)}}{n-\nu} dn,$$

c est la vitesse de la lumière dans le vide et μ l'indice de réfraction. Si le milieu n'a qu'une ligne d'absorption de pulsation $n_0 = \frac{2\pi}{T_0}$, on a

$$(2) \qquad \mu^2 = 1 + \frac{a^2}{n_0^2 - 2in\rho - n^2} \qquad \text{[cf. } \textit{loc. cit.}\text{, éq. (6)]}.$$

II. Il faut chercher une valeur approchée de l'intégrale (1). Dans le plan imaginaire des n, je déformerai le chemin d'intégration, pour le faire passer par les régions où la partie réelle X de l'exposant est négative, grande en valeur absolue. Pour ces régions, l'intégrale est nulle. Considérons le plan complexe comme une carte géographique où X serait l'altitude, ces régions sont des vallées. On passe d'une vallée à une autre par un col. En un col, la dérivée de l'exposant par rapport à n est nulle. En effectuant l'intégration seulement au voisinage des cols, on a une valeur approchée de l'intégrale. Les cols se déplacent en fonction du temps ; notre chemin d'intégration se déformera pour les suivre. Le point $n = \nu$ situé sur l'axe réel est un pôle pour l'intégrale. A un certain moment ce pôle est rencontré par le chemin d'intégration, qu'il faut ensuite compléter par un lacet autour du pôle [1].

III. On trouve ainsi l'aspect du signal, tel qu'il arrive déformé à la profondeur x. D'abord arrivent des précurseurs, avec la vitesse c. Leur période croît de zéro à $T_0 = \frac{2\pi}{n_0}$. L'amplitude croît, puis décroît et s'annule avant

(1) Sur la méthode de col, voir : RIEMANN, *Ges. Math. Werke* (Leipzig, 1876), p. 400. — P. DEBYE, *Math. Ann.*, t. LXVII, p. 585. — A. SOMMERFELD, *Arch. Math. Phys.*, III, XVIII, 1, p. 8.

que la période ait atteint la valeur T_0. Puis arrivent les deuxièmes précurseurs, avec la vitesse correspondant au pouvoir diélectrique du milieu. Leur période décroît de ∞ à T_0. L'amplitude suit une variation analogue à celle des premiers précurseurs. Les précurseurs sont fournis par l'intégration auprès des cols; leur intensité est de l'ordre de 10^{-4} fois celle du signal.

L'amplitude s'accroît très vite lorsque la période des précurseurs s'approche de la période $T = \frac{2\pi}{\nu}$ du signal. Le signal arrive ainsi progressivement et s'établit pour durer ensuite indéfiniment. Il est quelque temps encore déformé par la suite des précurseurs. C'est pendant cette arrivée progressive du signal que se place dans le plan complexe des n la rencontre du pôle par le chemin d'intégration.

IV. Les précurseurs seront en général imperceptibles et, pratiquement, on observera l'arrivée du signal seulement lorsque l'amplitude du mouvement vibratoire devient notable. Le passage du pôle sur le chemin d'intégration fournit une définition précise (arbitraire) de l'arrivée du signal. La *vitesse de signal* ainsi définie se confond avec la *vitesse de groupe*, pour tous les signaux dont la période correspond à une dispersion normale. Les valeurs des deux vitesses se séparent dans la région de dispersion anomale. La vitesse de signal reste toujours inférieure à celle de la lumière dans le vide. Elle lui est égale pour la période dont l'indice est égal à 1.

Les calculs précis et la courbe de vitesse de signal seront publiés ailleurs.

PHYSIQUE. — *Sur l'aimantation de l'oxyde azotique et le magnéton.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **Auguste Piccard**, présentée par M. J. Violle.

La mesure de l'aimantation des gaz est particulièrement importante à cause de la manière immédiate, en dehors de toute considération d'énergie potentielle, dont la théorie cinétique leur est applicable. C'est ce qui nous a décidé à entreprendre, après la détermination du coefficient d'aimantation de l'oxygène (1), celle du coefficient d'aimantation de l'oxyde azotique NO.

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1234.

La méthode employée consiste à mesurer alternativement la dénivellation magnétique de l'eau sous une atmosphère du gaz à étudier et sous une atmosphère d'hydrogène. La différence des deux dénivellations mesure la susceptibilité du gaz et la dénivellation sous l'hydrogène celle de l'eau. Cette dernière étant actuellement bien connue, la mesure donne l'aimantation du gaz en valeur absolue.

Pour l'oxyde azotique cette détermination est délicate. En effet, tandis que la substitution de l'oxygène à l'hydrogène augmente la dépression magnétique de $\frac{1}{5}$ de sa valeur, la substitution de l'oxyde azotique à l'hydrogène ne l'augmente que de $\frac{1}{14}$. Néanmoins, une détermination précise est devenue possible grâce aux perfectionnements apportés par Piccard à la mesure des dénivellations magnétiques, à l'occasion de notre détermination de l'aimantation de l'oxygène. Ils consistent dans la purification du ménisque par extension indéfinie et dans la précaution prise de ne pas laisser l'intérieur du tube se dessécher par le passage de l'air, entre le lavage chimique et la mesure.

L'appareil a été reconstruit dans toutes ses parties en vue de cette expérience. L'étude préliminaire a permis de reconnaître et d'éliminer un certain nombre de causes d'erreurs se rattachant soit à une stabilité insuffisante, soit à des différences de pression minimes entre l'atmosphère extérieure et le gaz. L'oxyde azotique a été préparé dans un appareil à production continue en réduisant le nitrite de potassium par le ferrocyanure de potassium. L'analyse a été faite en absorbant l'oxyde azotique au moyen du sulfate ferreux. On a trouvé :

	Dépression magnétique		Température	
	sous hydrog.	sous ox. azotique.	du gaz.	de l'aimant.
	mm 2,2041	mm »	° 20,0	° 20,8
	»	2,3641	20,0	20,2
	2,2018	»	20,0	20,8
	»	2,3647	»	»
	2,2040	»	19,9	19,0
Moyenne...	2,2033	2,3649		
Différence.	$0^{mm},1616$			

Coefficient d'aimantation de l'eau, $-0,7193.10^{-6}$ à 20°; pression, $714^{mm},4$; tension de la vapeur d'eau, $17^{mm},3$; température, 19°,9; impuretés, 15 pour 1000 de gaz inerte (azote).

On en déduit pour le coefficient d'aimantation moléculaire de l'oxyde

azotique NO :

$$\chi_m = 1400,3.10^{-6}.$$

Ce nombre doit être corrigé du diamagnétisme sous-jacent. Les mesures de Pascal sur les composés d'azote et d'oxygène diamagnétiques donnent :

	χ_m.
N^2O^6	$-28,2.10^{-6}$
N^2O^4	$-24,3.10^{-6}$
N^2O^3	$-22,1.10^{-6}$

avec une diminution constante du diamagnétisme pour chaque atome d'oxygène enlevé. On en déduit pour NO la correction $10,1.10^{-6}$ qui est connue avec une précision suffisante, puisqu'elle n'est que de 0,7 pour 100. On trouve pour la saturation moléculaire

$$\sigma_m = 10156,$$

laquelle, divisée par la valeur du magnéton 1123,5, donne

$$9,039,$$

nombre qui est entier au degré de précision des mesures. L'écart correspond en effet à 1,4 millième de millimètre sur la différence des ascensions.

Après les mesures sur l'oxygène, qui avaient donné 7,007 magnétons par atome, ce résultat complète la détermination des nombres de magnétons des deux gaz paramagnétiques connus.

PHYSIQUE. — *Remarques sur les coefficients de la thermo-élasticité.* Note de M. E. **Ariès**, présentée par M. Vieille.

Les coefficients physiques qui se présentent dans l'étude des corps homogènes et isotropes, soumis à des transformations thermo-élastiques, dépendent des variables p pression, v volume, T température absolue et S entropie. Ils sont tous de la forme $\left(\frac{dv}{dT}\right)_p$, par exemple; il y en a donc vingt-quatre; mais huit seulement qu'on peut, dans une certaine mesure, choisir d'une façon arbitraire sont distincts et indépendants.

Observons d'abord que, de deux coefficients tels que $\left(\frac{dv}{dT}\right)_p$ et $\left(\frac{dT}{dv}\right)_p$, l'un est à écarter comme étant l'inverse de l'autre; ce qui réduit déjà à douze le nombre des coefficients à retenir comme pouvant être indé-

pendants. Ces derniers sont évidemment partagés en quatre groupes de trois coefficients portant le même indice. L'un de ces groupes comprendra, par exemple,

$$\left(\frac{dv}{dT}\right)_p, \quad \left(\frac{dv}{dS}\right)_p, \quad \left(\frac{dS}{dT}\right)_p.$$

Mais, de ces trois quantités, l'une est toujours le produit ou le quotient des deux autres, car on a identiquement

$$\left(\frac{dv}{dT}\right)_p = \left(\frac{dv}{dS}\right)_p \left(\frac{dS}{dT}\right)_p.$$

Il ne reste donc plus que huit coefficients distincts répartis en quatre groupes de deux coefficients ayant même indice.

Les coefficients thermo-élastiques en usage sont les suivants : les coefficients de dilatation à pression constante α_p et à volume constant α_v; les coefficients de compressibilité à température constante ε_T et à entropie constante ε_S; les capacités calorifiques à pression constante c_p et à volume constant c_v; la chaleur latente de dilatation l, et enfin un paramètre employé par William Thomson h qui n'a pas reçu de nom particulier. Ces divers coefficients sont définis par les formules suivantes :

$$\alpha_p = \frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dT}\right)_p, \qquad \varepsilon_T = -\frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dp}\right)_T, \qquad c_p = T\left(\frac{dS}{dT}\right)_p, \qquad l = T\left(\frac{dS}{dv}\right)_T,$$

$$\alpha_v = \frac{1}{p}\left(\frac{dp}{dT}\right)_v, \qquad \varepsilon_S = -\frac{1}{v}\left(\frac{dv}{dp}\right)_S, \qquad c_v = T\left(\frac{dS}{dT}\right)_v, \qquad h = \left(\frac{dT}{dp}\right)_S.$$

Ils remplissent les conditions voulues pour pouvoir être choisis comme coefficients indépendants, puisque les huit coefficients différentiels qui servent à les définir forment quatre groupes de deux coefficients portant le même indice p, v, T ou S.

On connaît depuis longtemps les cinq relations suivantes qui relient ces coefficients et qui sont indépendantes :

$$l = \alpha_v p T \qquad \text{(Clapeyron)},$$

$$\alpha_p = \alpha_v p \varepsilon_T,$$

$$h c_p = \alpha_p v T \qquad \text{(William Thomson)},$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_S} \qquad \text{(Reech)},$$

$$c_p - c_v = \alpha_p \alpha_v p v T.$$

Ce qui est peut-être moins connu, c'est qu'il ne peut y en avoir d'autres,

générales et applicables à tous les corps homogènes. Chacun de ces huit coefficients peut, en effet, s'exprimer à l'aide des trois différentielles partielles du second ordre de l'une quelconque des quatre fonctions caractéristiques de Massieu ([1]). L'élimination de ces trois différentielles partielles entre les huit équations ainsi obtenues fournissent bien cinq relations, et cinq seulement. Toute autre relation se traduit par une équation aux dérivées partielles du second ordre de l'une des fonctions caractéristiques, et ne fait qu'exprimer une propriété nouvelle de cette fonction, c'est-à-dire une propriété du corps, résultant soit d'une hypothèse, soit d'une loi expérimentale, qui peut être approchée entre certaines limites de l'état du corps, mais qui s'éloigne de plus en plus de la vérité, dès que l'état du corps s'éloigne lui-même de ces limites. C'est ainsi que deux nouvelles relations s'introduisent dans la théorie des gaz parfaits, comme conséquences des lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

On sait aussi que, des huit coefficients en usage, il y en a quatre c_p, c_v, ε_T, ε_S qui sont essentiellement positifs; mais ce qui a souvent passé inaperçu, croyons-nous, c'est que les quatre autres coefficients α_p, α_v, l et h ont toujours mêmes signes pour un même état du corps, ce qu'on reconnaît aisément par les cinq relations ci-dessus.

Si l'un de ces coefficients vient à s'annuler, les trois autres s'annulent aussi, et les deux capacités calorifiques prennent une même valeur ainsi que les deux coefficients de compressibilité. Cette circonstance se produit pour les états du corps que définit l'une des six équations équivalentes :

$$\alpha_p = 0, \qquad \alpha_v = 0, \qquad l = 0, \qquad h = 0, \qquad c_p = c_v, \qquad \varepsilon_T = \varepsilon_S.$$

Elles reviennent, toutes, à poser $\frac{d^2U}{dS\,dv} = 0$, U étant l'énergie du corps exprimée en fonction de son entropie et de son volume.

L'eau, à la pression normale, donne lieu à une application de ces remarques. A la température de 4° environ, elle est au maximum de sa densité, et ses huit coefficients thermo-élastiques satisfont alors aux six dernières équations.

---

(1) Voir *La Statique chimique* de l'auteur, 1904, p. 2 et suiv.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau dispositif de lampe à mercure, immergée et à lumière pratiquement froide.* Note de MM. **Billon-Daguerre, L. Medard** et **H. Fontaine**, présentée par M. Bigourdan.

Le but que nous nous sommes proposé d'atteindre est de réaliser une nouvelle combinaison de lampe à arc au mercure pouvant utiliser beaucoup d'énergie dans un espace aussi réduit que possible, sans dégager de chaleur rayonnante appréciable, et pouvant remplacer, en tant qu'intensité lumineuse, les puissants arcs à charbons brûlant à l'air libre.

Description. — La lampe est composée principalement d'un tube cylindrique ou méplat, en U renversé, dont les branches sont recourbées et terminées par des tubes recevant les électrodes; le tube en U qui constitue la lampe proprement dite est placé à l'intérieur d'un flacon de forme spéciale, avec un long col vertical fermé par un bouchon rodé. Le tout est en quartz fondu, *pur* et transparent; les électrodes en métal *invar* de M. Guillaume. La paroi du flacon, du côté opposé à celui où l'on doit employer la lumière, a une forme de paraboloïde; on peut l'argenter, platiner ou émailler, de sorte qu'on forme ainsi un réflecteur destiné à concentrer les rayons lumineux sur l'objet à éclairer.

Le tout est immergé dans une cuve à eau, soit en verre, soit métallique, avec viseurs plats ou lenticulaires, un de ces viseurs pouvant d'ailleurs être constitué par le condensateur de lumière proprement dit.

Cette lampe fonctionne sur courant continu : elle est capable d'absorber 18 ampères, avec 70 volts aux bornes, ce qui représente une puissance de 1250 watts; son intensité lumineuse est d'au moins 3000 bougies décimales, chiffre qu'on arrivera certainement à dépasser.

Quand on ne dispose pas de courant continu, on est obligé de redresser le courant alternatif; c'est ainsi que fonctionne la lampe qui est allumée devant vous, alimentée par un redresseur de courant.

Avantages et applications. — La lumière à la sortie de la cuve peut être considérée comme pratiquement froide : cette lumière, condensée sur une vue de film en celluloïd, indéfiniment, ne produit ni échauffement, ni déformation de la partie fixe éclairée.

Dans l'enseignement technologique, cela permettra au professeur de laisser fixe une vue intéressante, ou de dérouler lentement un film, pour expliquer les diverses phases d'un mouvement quelconque.

De même, pour la microscopie ou la microphotographie, on n'aura pas à craindre la destruction des préparations.

D'autre part, le point lumineux est absolument fixe; il n'y a plus à s'occuper de la lampe, une fois qu'elle est allumée, contrairement à ce qui a

lieu avec une lampe à arc ordinaire à charbons, où il faut régler à la fois l'écartement des charbons et la position du point lumineux par rapport au système optique.

Cette lampe peut d'ailleurs servir de génératrice de rayons ultraviolets pour la stérilisation des liquides.

L'économie de courant réalisée, à puissance lumineuse égale, sur un arc ordinaire à charbons, est d'au moins 50 pour 100.

Nous citerons également comme applications possibles : éclairage des bouées marines, lanternes puissantes pour scaphandriers, photographies sous-marines, travaux sous-fluviaux, stérilisation des eaux, stabulation des huîtres.

Nous avons pensé apporter ainsi à la Science un nouveau dispositif d'éclairage puissant, trouvant son application dans les recherches scientifiques en général.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les couples à flammes.* Note de M. G. Moreau, présentée par M. E. Bouty.

J'ai réalisé avec des flammes pures ou chargées de vapeurs salines, des couples comparables aux piles voltaïques à un ou deux liquides et aux séries à concentrations.

I. La combinaison la plus simple s'obtient en disposant dans la flamme d'un bec Bunsen deux lames de platine, l'une nue, l'autre recouverte d'un dépôt susceptible d'émettre à chaud beaucoup de corpuscules négatifs. Il est réalisé par fusion de quelques milligrammes d'un sel alcalin (¹) ou par vaporisation de quelques gouttes d'une solution d'un sel alcalino-terreux qui laisse une mince couche d'oxyde. Les deux lames servent d'électrodes au couple platine nu-flamme pure-platine sensibilisé. Si on les réunit on observe un courant qui, dirigé du platine sensibilisé au platine nu, à travers la flamme, transporte les ions négatifs de celle-ci sur le dépôt. Ce courant, de l'ordre du $\frac{1}{10}$ de micro-ampère, est remarquablement constant lorsque l'épaisseur du dépôt est suffisante. Il n'y a aucune trace de polarisation.

Les deux électrodes portées à l'incandescence émettent des corpuscules avec des vitesses différentes ; l'électrode sensible étant la plus active, il

(¹) Moreau, *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, t. XXIV.

faut, dès qu'elles sont réunies, qu'un champ électrique s'établisse de façon à compenser la différence d'émission par un transport des ions négatifs de la flamme vers le dépôt. Si E est la force électromotrice du couple, le platine nu étant positif, J_C, J_P la demi-force vive moyenne normale d'un corpuscule de charge e qui sort du dépôt et du platine, la compensation exige qu'on ait sensiblement

$$E = \frac{J_C - J_P}{e}. \tag{1}$$

Avec des électrodes à 1400° absolus, j'ai trouvé pour E les valeurs suivantes :

		volt
Couple à électrode recouverte de	CaO	0,55
»	BaO	0,70
»	StO	0,54
»	K^2CO^3	0,68
»	Na^2CO^3 ...	0,69
»	$RbCl$	0,56

II. Si l'électrode de platine nu d'un couple est assez refroidie pour que J_P s'annule, la force électromotrice E_1 doit augmenter d'après (1) et être donnée par la formule (2)

$$E_1 = \frac{J_C}{e}. \tag{2}$$

On réalise un tel couple à électrode positive froide avec un tube de platine refroidi par un courant d'air qu'on associe avec une des électrodes sensibles maintenue à 1400°.

Avec la série Pt froid-flamme pure-Pt recouvert de CaO, j'ai obtenu

$$E_1 = 1{,}16 \text{ volt}.$$

Si dans ce couple à électrode froide on substitue à l'électrode sensible une lame de platine nu à 1400°, on obtient la série Pt froid-flamme pure-platine chaud signalée, il y a déjà longtemps, par Becquerel, Buff, etc.

Sa force électromotrice est

$$E_2 = \frac{J_P}{e}, \tag{3}$$

j'ai trouvé, le platine froid étant positif, $E_2 = 0{,}55$ volt. La différence $E_1 - E_2 = 0{,}61$ volt : elle est voisine de la force électromotrice 0,55 volt

mesurée sur le couple Pt nu-flamme-Pt CaO. Ce résultat justifie la formule (1).

Avec les valeurs numériques de E_1 et E_2, en prenant $e = 4,2.10^{-10}$E.S., on déduit des formules (2) et (3) J_C et J_P et les vitesses d'émission des corpuscules de la chaux et du platine à 1400°. Avec $0,8.10^{-27}$ gramme pour la masse du corpuscule, on a

	u.
CaO	$6,3.10^7$ cm : sec
Pt	$4,4.10^7$ cm : sec

Les autres oxydes et les sels alcalins donnent des vitesses comprises entre 6 et 7.10^7 cm : sec.

III. Une autre série de couples est réalisée en pulvérisant dans l'un des précédents une vapeur saline alcaline susceptible de s'ioniser fortement. La force électromotrice est toujours plus faible que celle du couple correspondant à flamme pure, et la différence Δ croît avec la concentration de la vapeur saline. Le courant débité augmente aussi avec cette concentration et peut atteindre plusieurs micro-ampères.

Voici les valeurs trouvées pour Δ avec différents sels pulvérisés en solution à une molécule par litre, dans la flamme du couple Pt nu-flamme-platine recouvert de CaO :

	volt		volt
KOH	0,25	$KAzO^3$	0,24
KCl	0,22	$\frac{1}{2}SO^4K^2$	0,34
KBr	0,18	$\frac{1}{2}K^2CO^3$	0,33
KI	0,18	NaCl	0,15
$KClO^3$	0,24	NaBr	0,15

La diminution de la force électromotrice me paraît due à une pénétration de la vapeur saline dans l'électrode de platine nu qui devient le siège d'une émission plus intense de corpuscules, d'où il résulte une augmentation de J_P dans la formule (1).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur un nouveau procédé permettant d'obtenir la photographie des spectres de raies des rayons Röntgen.* Note de M. DE **BROGLIE**, présentée par M. E. Bouty.

On sait, d'après les belles recherches de MM. Laue et Bragg, que les rayons de Röntgen réfléchis sur une face d'un cristal doivent, suivant la

théorie généralement admise, avoir une longueur d'onde λ telle que

$$(1) \qquad n\lambda = 2d\sin\theta,$$

n est un nombre entier, d la distance des plans réticulaires parallèles au plan de réflexion, θ le complément de l'angle d'incidence sur ce plan.

J'ai monté le cristal sur un cylindre de baromètre enregistreur tournant avec une vitesse angulaire d'environ 2° par heure; au début, le faisceau X incident est parallèle à la face considérée du cristal; l'angle d'incidence varie régulièrement avec le temps, et le faisceau refléchi, qui tourne deux fois plus vite, vient balayer une plaque photographique où il s'inscrit d'une façon continue.

S'il existe dans le faisceau incident des longueurs d'onde plus intenses, correspondant d'après la formule (1) à un certain angle θ, le rayon réfléchi, incliné de 2θ sur le faisceau incident, marquera une raie plus intense sur la plaque.

On obtient ainsi un véritable spectre de raies, ayant tout à fait l'aspect des photographies de spectres lumineux, avec des raies fines ou diffuses, des bandes, etc.

Il ne faut pas oublier cependant que le diagramme obtenu par ce moyen ne représente d'une façon correcte la répartition de l'énergie dans le faisceau incident, que si l'on peut supposer la source du rayonnement sensiblement comparable à elle-même pendant la durée d'une expérience. C'est là une condition qui ne peut généralement être réalisée que d'une façon grossière, si la pose est un peu longue. Il importe donc d'adjoindre à l'appareil un second dispositif enregistreur, inscrivant à chaque instant (sur une émulsion beaucoup moins sensible que celle qui est soumise aux rayons diffractés) l'intensité du faisceau incident.

Dans le cas d'une anticathode de platine et d'un analyseur de sel gemme on remarque notamment un ensemble de raies fines et de bandes se détachant sur un fond continu.

L'étude complète des clichés n'est pas encore terminée mais il paraît certain que les raies principales ne correspondent pas aux maxima signalés par MM. Bragg, Moseley et Darwin dans leurs mesures d'ionisation. Cela n'a rien d'étonnant, la méthode d'ionisation étant généralement conduite avec des tubes très mous, tandis que les résultats dont je viens de parler sont relatifs aux tubes durs, qui m'ont servi depuis longtemps à prendre des clichés de taches de diffraction. L'interprétation de ces taches de diffraction

au moyen de la composition de la lumière incidente se fera donc facilement. Enfin, l'emploi de plaques superposées, séparées par des écrans, permet aisément l'étude de l'absorption des radiations mises en évidence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Revision de la densité de l'hydrogène; densité de l'air de Genève.* Note de M. **F.-O. Germann**, présentée par M. G. Lemoine.

I. La densité de l'oxygène est fondamentale pour le contrôle physico-chimique des poids moléculaires et des poids atomiques. Les déterminations modernes ont donné les valeurs suivantes du poids du *litre normal:* 1,42904 (Rayleigh), 1,42900 (Morley), 1,42906 (J. Thomson), 1,42876 (Leduc), 1,4292 (Jaquerod et Pintza), 1,42896 (Gray), 1,4290 (Jaquerod et Tourpaïan). Le gaz utilisé pour ces diverses mesures n'ayant pas été purifié par liquéfaction et distillation fractionnée, ainsi qu'on le pratique régulièrement depuis quelques années, il m'a semblé utile de procéder à une revision de cette constante.

II. La méthode adoptée est celle des ballons, sous la forme employée au laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève; on s'est servi de quatre ballons dont les capacités étaient de $872^{ml},33$, $455^{ml},72$, $410^{ml},27$ et $252^{ml},004$; en outre les pressions de fermeture des ballons remplis de gaz à 0° étaient lues sur un système de quatre baromètres (*fig.* 1) en relation avec le système des quatre ballons représentés par la figure 2; on prenait aussi la moyenne de plusieurs observations. Ce perfectionnement augmente beaucoup la précision des mesures de pression.

Le gaz oxygène, dégagé en chauffant du permanganate de potasse cristallisé contenu dans des tubes visibles en G, à gauche de la figure 2, traversait divers appareils purificateurs (KOH en pastilles, P^2O^5, Hg) et était ensuite liquéfié et soumis à la distillation fractionnée dans les ampoules Am_1 et Am_2. La description complète des expériences fera l'objet d'un Mémoire détaillé.

III. Une première série de 11 observations faites sur de l'oxygène distillé a donné les résultats suivants pour la valeur L du litre normal, calculée en faisant toutes les corrections usuelles pour ces déterminations :

Ballon I.........	1,42889	1,42901	1,42877	Moyenne : 1,42904
Ballon II........	1,42906	1,42936	1,42815	
Ballon III.......	1,42941	1,42940	1,42896	
Ballon IV........	»	1,42906	1,42837	

Une deuxième série de 8 observations, faites sur du gaz oxygène très pur mais non distillé, a donné une valeur moyenne L = 1,42923.

Enfin, une troisième série de 4 observations faites sur de l'oxygène

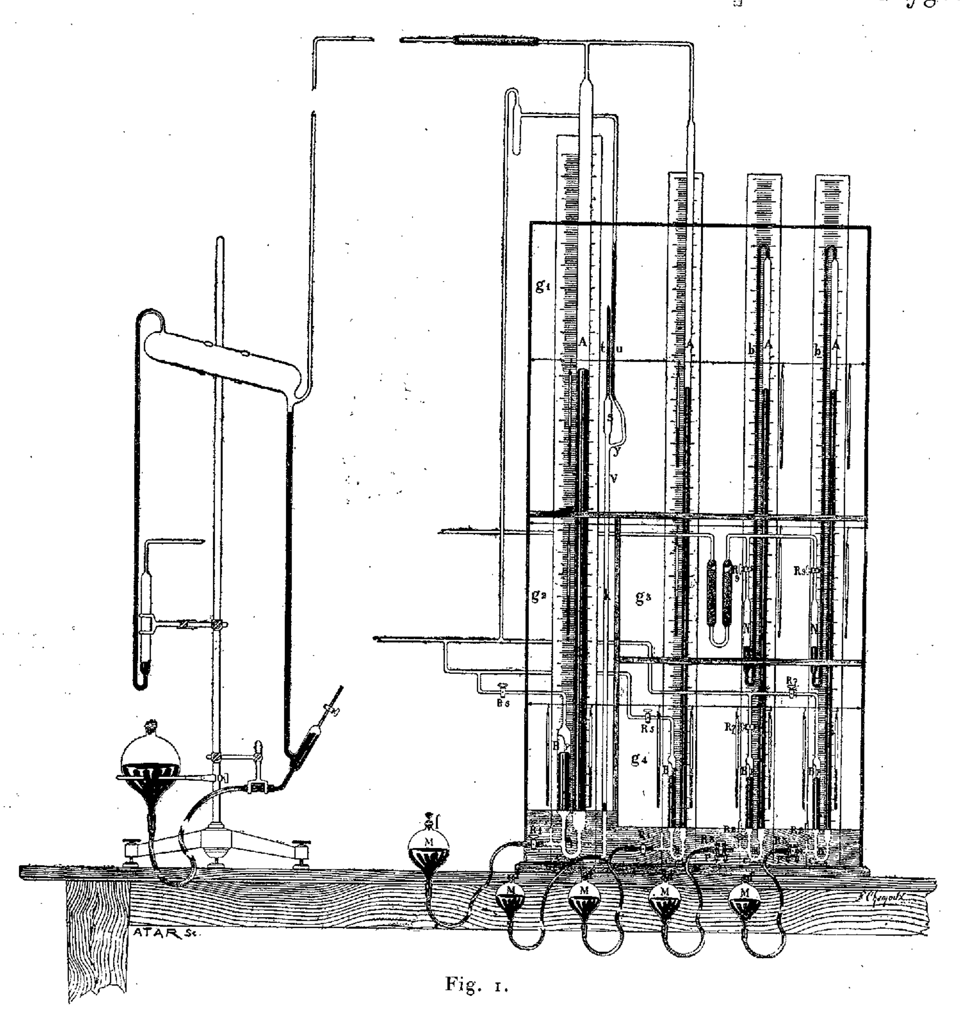


Fig. 1.

distillé et ayant en outre passé sur de l'amiante platinée, chauffée à 400° (dans le four F, *fig.* 2), a donné les résultats suivants en parfait accord avec ceux de la première série :

Ballon I.	Ballon II.	Ballon III.	Ballon IV.	Moyenne.
1,42847	1,42956	1,42896	1,42915	1,42905

Il convient de faire à ces résultats une petite correction signalée récem-

ment par M. Ph.-A. Guye [1] qui ramène les moyennes des première et troisième séries, seules à prendre en considération, pour calculer une valeur finale, à L = 1,42906 et 1,42905 : la moyenne arithmétique des 15 observations de ces deux séries, ainsi corrigées, est L = 1,42906. Pour

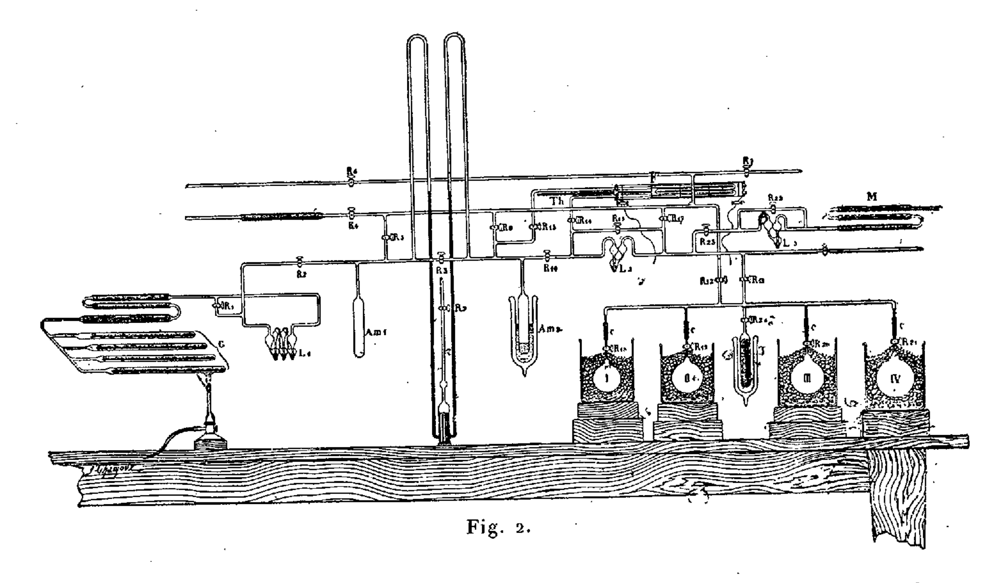


Fig. 2.

tenir compte des résultats un peu plus faibles des déterminations antérieures les plus importantes, soit 41 dues à Morley et 16 dues à Lord Rayleigh, je considère la valeur

$$L = 1,42905$$

comme le nombre le plus probable pour représenter le poids du litre normal d'oxygène.

IV. Les appareils ont été utilisés pour contrôler la densité de l'air de Genève :

11 mars 1912.		15 mars 1912.	
1,29268		1,29267	
1,29279	Moyenne : 1,2927	1,29321	Moyenne : 1,2932
1,29254		1,29301	
		1,29374	

Moyenne des 7 observations : 12930.

Ce résultat concorde avec la valeur moyenne obtenue antérieurement

---

[1] Ph.-A. Guye, *J. Ch. phys.*, t. II, 1913, p. 319.

par MM. Guye, Kovacs et Wourtzel (1); la moyenne du 11 mars correspond à une période de pressions barométriques croissantes, celle du 15 mars à une période de pressions barométriques décroissantes; l'allure est donc la même que celle observée par ces auteurs.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la décomposition de l'hydrogène sulfuré par le rayonnement de l'émanation.* Note de M. **Eug. Wourtzel**, présentée par M. A. Haller.

L'étude des effets chimiques des rayonnements des corps radioactifs a fait l'objet de plusieurs publications récentes. Cependant la plupart de ces recherches ne sont que des essais qualitatifs ou incomplets.

Le travail de MM. Duane et Scheuer sur la décomposition de l'eau par les particules α est la seule recherche qui se distingue par la certitude et la précision des résultats obtenus. C'est pourquoi il nous a semblé utile d'entreprendre une étude systématique et précise des réactions chimiques produites par le rayonnement des corps radioactifs dans différents systèmes, en particulier dans les systèmes gazeux. En premier lieu nous avons étudié la décomposition du gaz hydrogène sulfuré sous l'influence de l'émanation du radium.

Trois points nous ont semblé particulièrement dignes d'intérêt :

1° Déterminer la quantité de gaz décomposé par unité d'énergie radiante absorbée dans des conditions déterminées;

2° Étudier la variation de cette constante avec la température;

3° Étudier la variation de cette constante avec la pression.

Dans ce but, nous avons introduit de l'émanation purifiée simultanément dans deux ballons de capacité à peu près égale. L'émanation provenait d'une solution de 330^{mg} de bromure de radium que Mme Curie a eu la grande obligeance de mettre à notre disposition. Dès l'introduction de l'hydrogène sulfuré, nous avons constaté l'apparition d'un brouillard suivi d'un dépôt de soufre. On mesurait de temps en temps la quantité d'hydrogène formé, en plongeant le ballon dans l'air liquide et en transvasant le gaz non condensé dans un tube jaugé. L'un des ballons restait toujours à la température ambiante, tandis que l'autre était maintenu à des températures variables entre la température ambiante et — 220°.

La fraction q du rayonnement émis dans l'intervalle de temps $t - t'$ peut être calculée d'après la formule bien connue $e^{-st'} - e^{-st}$. Mais on sait que l'énergie du rayon-

(1) Guye, Kovacs et Wourtzel, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1584; *J. Ch. phys.*, t. X, 1912, p. 332.

nement de l'émanation n'est jamais utilisée complètement, cette énergie étant absorbée en partie par les parois du récipient qui la contient. La partie du rayonnement utilisée augmente avec les dimensions de l'appareil et la pression du gaz, de sorte que son utilisation deviendrait complète, soit dans des récipients de dimensions infinies, soit sous une pression infinie. Dans nos expériences, la pression de l'hydrogène sulfuré variait grâce à sa destruction, de telle sorte que nous avons pu établir une formule d'extrapolation pour calculer la quantité d'hydrogène formé correspondant à la pression infinie, donc à l'utilisation totale de l'énergie rayonnante. Désignons cette valeur par $\left(\frac{v}{q}\right)'$.

Les résultats obtenus sont réunis dans les deux Tableaux suivants, où les mesures faites simultanément sont désignées par le même numéro :

TABLEAU I. — *Mesures faites avec le ballon n° 1.*

	Température ambiante.				
Numéro de mesures.	Temps en heures.	Volume v en cm³ à 0° et 760^{mm}.	q.	$\frac{v}{q}$.	$\left(\frac{v}{q}\right)'$.
1..........	15,60	4,200	0,1104	38,05	67,7
2..........	24,15	5,315	0,1472	36,04	67,0
3..........	24,45	4,243	0,1243	34,14	67,1
4..........	16,55	3,286	0,1019	32,25	66,8
5..........	104,15	8,296	0,2791	29,73	67,9
6..........	39,00	1,650	0,0598	27,50	69,7
7..........	79,35	2,013	0,0790	25,50	68,4
			Moyenne..........		67,8

TABLEAU II. — *Mesures faites avec le ballon n° 2.*

N° de mes.	Temps en heures.	Volume en cm³	q.	$\frac{v}{q}$.	$\left(\frac{v}{q}\right)'$.	Rapport $\frac{\frac{v}{q}\text{ bal. 2}}{\frac{v}{q}\text{ bal. 1}}$.	Rapport $\frac{\left(\frac{v}{q}\right)'\text{ bal. 2}}{\left(\frac{v}{q}\right)'\text{ bal. 1}}$.	Température.
1....	15,45	4,000	0,1094	36,56	63,2	0,959	0,934	ambiante.
2....	24,45	5,195	0,1490	34,86	62,8	0,969	0,937	ambiante.
3....	24,55	4,176	0,1248	33,47	61,9	0,980	0,922	ambiante.
4....	16,45	2,273	0,1013	22,44	44,4	0,696	0,667	220°.
5....	104,15	8,200	0,2791	29,06	62,7	0,987	0,924	ambiante.
6....	39,15	1,218	0,0600	20,30	47,8	0,742	0,686	220°.
7....	79,35	1,730	0,0790	21,93	53,2	0,861	0,778	95°.
Moyenne des expériences 1, 2, 3, 5....					62,7	0,976	0,929	
Expérience 7..........					53,2	0,861	0,778	
Moyenne des expériences 4 et 6......					46,1	0,719	0,677	

L'examen de ces chiffres conduit aux résultats suivants :

1° La quantité d'hydrogène formé divisé par la quantité de rayonnement détruit (colonne 5) diminue au cours de l'expérience. Comme nous l'avons remarqué, cette diminution est due à la diminution de la pression par suite de la décomposition de l'hydrogène sulfuré. Les considérations, que nous allons développer prochainement, nous font penser que le rôle de la pression consiste uniquement à faire varier la quantité du rayonnement absorbé par le gaz et qu'elle n'a aucune autre influence, au moins dans les limites dans lesquelles nous avons opéré (entre $2^{\text{atm}},2$ et $1^{\text{atm}},4$).

2° Pour toutes les mesures faites avec le même ballon et à la température ambiante, le calcul de la quantité d'hydrogène formé qui correspondrait à la destruction totale de l'émanation et à l'utilisation complète de son rayonnement donne des résultats très concordants (colonne 6).

3° Pour des mesures faites à des températures supérieures, les nombres de la colonne 7 sont plus faibles. Ainsi la vitesse de la décomposition du gaz H^2S diminue avec la température. Cette vitesse n'est que de $\frac{0,778}{0,929} = 0,837$ à $-95°$ et de $\frac{0,677}{0,929} = 0,728$ à $-220°$ (colonne 8).

L'examen de l'hydrogène sulfuré resté dans les ballons n'a pas indiqué la présence de polysulfures.

La quantité d'émanation dans les deux ballons était de 0,113 curie. Un curie décompose donc $\frac{62,7+67,8}{0,113} = 1155^{\text{cm}^3}$ d'hydrogène sulfuré.

En prenant $10,2.10^{10}$ comme nombre des particules α, émises par curie-seconde d'émanation avec les produits de sa désintégration, $4,73.10^{-10}$ comme valeur de la charge élémentaire, $2,72.10^{19}$ comme nombre de molécules dans 1^{cm^3} de gaz à 0° et 760^{mm} et en nous servant des données de Geiger sur le nombre d'ions formés par une particule α, nous avons calculé que le nombre de molécules d'hydrogène sulfuré décomposé par le rayonnement de l'émanation dépasse 3,3 fois le nombre d'ions produits dans l'air dans les mêmes conditions.

En comprenant les résultats obtenus avec les résultats trouvés par MM. Duane et Scheuer au cours de leurs recherches sur la décomposition de l'eau, on constate que la quantité du rayonnement entièrement absorbé capable de décomposer 1 gr-mol d'eau liquide, décomposerait 4,7 gr-mol d'hydrogène sulfuré. Contrairement aux hypothèses quelquefois énoncées, les effets chimiques des radiations ne sont pas équivalents dans les deux cas présents.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sels complexes de l'uranium.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Un grand nombre de sels d'uranyle peuvent être facilement transformés en sels complexes.

On constate facilement cette propriété dans la série minérale, en ajoutant à la solution d'un sel d'uranyle un excès de carbonate, de pyrophosphate, de sulfite, d'hyposulfite, de cyanure, de cyanate ou de sulfocyanate de sodium. L'excès de sel alcalin stabilise le complexe; une coloration jaune orangé apparaît, en général assez intense; en même temps s'atténuent ou disparaissent les caractères analytiques de l'urane.

Comme on a préparé déjà des carbonates et des cyanures du type $UO^2(CO^3)^3M^4$ ou $UO^2(CAz)^4M^2$, sur lesquels je n'ai pu rencontrer les réactions des sels d'uranyle, j'ai cherché si l'on ne pouvait pas isoler d'autres complexes du même type, et c'est l'étude de deux cas particuliers que je désire résumer ici.

1° *Uranylpyrophosphates.* — Quand on dissout du pyrophosphate d'uranyle dans une solution du sel de sodium, le point de congélation initial se relève, passe par un maximum quand les deux sels sont dans le rapport $3P^2O^7Na^4 : P^2O^7(UO^2)^2$, puis redescend vers un minimum pour $2P^2O^7Na^4 : P^2O^7(UO^2)^2$. Jusqu'à ce moment la solution ne présente aucun des caractères des sels d'uranyle; le ferrocyanure lui-même n'y produit aucune coloration.

Quand la saturation en pyrophosphate d'uranyle est obtenue, on atteint le rapport $P^2O^8Na^4 : P^2O^7(UO^2)^2$, et le liquide présente les réactions d'un sel d'uranyle fortement dilué.

Le complexe intermédiaire doit être considéré comme un *uranylpyrophosphate* normal possédant la formule wernérienne

$$[(UO^2)^2(P^2O^7)^4]Na^8,$$

qui rappelle celle des ferrocyanures ou des ferropyrophosphates.

L'évaporation de sa solution laisse une masse gommeuse jaune, incristallisable, que des traitements à l'alcool méthylique transforment en une poudre hygroscopique, extraordinairement soluble dans l'eau :

$$[(UO^2)^2(P^2O^7)^3]Na^8 + 6H^2O \text{ à } 15^\circ \quad (+4H^2O \text{ à } 100^\circ).$$

La solution saturée de pyrophosphate d'uranyle contient le sel uranylo-sodique de l'acide précédent, précipitable par l'alcool ou le sel marin :

$$[(UO^2)^2(P^2O^7)^3]^{UO^2}_{Na^6},\ n\,H^2O.$$

C'est une poudre jaune, assez soluble dans l'eau, mais peu stable, qui évolue rapidement, surtout à chaud, en donnant le pyrophosphate double isomère $P^2O^7(UO)^2Na^2$, H^2O, insoluble dans l'eau.

En solution, tous ces complexes se dissocient quand on les chauffe, et si l'on veut en faire alors les sels non alcalins par double décomposition, le précipité qu'on obtient peut être fractionné et livre du pyrophosphate d'uranyle. Au contraire, le sel obtenu à 0° est parfaitement homogène; c'est bien le sel complexe attendu.

2° *Uranylcyanates*. — Le mélange de deux solutions alcoolisées de cyanate de potassium et d'azotate d'uranyle donne un précipité microcristallin jaune, à fluorescence verdâtre, ayant pour formule

$$UO^2(CAzO)^2 + 2\,KCAzO \equiv [UO^2(CAzO)^4]K^2.$$

C'est un sel complexe, analogue au cobaltocyanate anhydre $Co(CAzO)^4K^2$. Très soluble dans l'eau, qu'il colore en jaune orangé, l'uranylcyanate s'y dissocie et peu à peu s'y décompose, en précipitant un sel double anhydre, jaune orangé : $2\,UO^2(CAzO)^2 + KCAzO$.

Un excès de cyanate alcalin, ajouté à la solution précédente, détermine, au contraire, la précipitation du sel double, jaune d'or :

$$UO^2(CAzO)^2 + KCAzO\,;$$

tandis qu'un excès notable de sel d'uranyle, en liqueur légèrement alcoolique, précipite une poudre jaune d'or de cyanate d'uranyle anhydre $UO^2(CAzO)^2$, difficile à obtenir pur par une autre méthode.

Un grand excès de cyanate alcalin stabilise cependant le complexe pendant quelques instants, et peut même masquer complètement l'uranyle à ses réactifs ordinaires; la solution possède alors les mêmes propriétés physiques que si elle contenait un mélange de cyanate et d'uranylcyanate non dissocié; mais rien ne permet d'y supposer l'existence d'un complexe

$$[UO^2(CAzO)^6]K^4$$

analogue aux uranylpyrophosphates.

Ces deux exemples particuliers ne sont pas isolés, et, suivant le radical acide qu'on y introduit, les complexes minéraux dérivés de l'uranyle

affectent l'une des deux constitutions :

$$[UO^2X^6]M^4 \quad \text{ou} \quad [UO^2X^4]M^2.$$

Le premier type, où le radical bivalent UO^2 possède l'indice de coordination maximum, est toujours très stable; il résiste à l'hydrolyse et les réactions de l'urane y sont complètement masquées.

Le deuxième type, au contraire, se comporte en solution diluée comme un sel double et, pour en annuler la dissociation, il faut souvent un énorme excès du sel alcalin correspondant.

Il y a là une influence de la constitution qui paraît assez générale; on la rencontre encore dans l'étude des cobaltocyanures $[Co(CAz)^6]M^4$ et des cobaltocyanates $[Co(CAzO)^4]K^2$, cités plus haut, pour n'en rappeler qu'un exemple; j'aurai l'occasion d'y revenir bientôt.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'action du gaz carbonique sur le sulfure de bore.* Note de M. **N.-D. Costeanu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente, j'ai signalé que le gaz carbonique réagit sur le sulfure de silicium, à des températures bien inférieures à celle de sa dissociation (¹).

Je présente ici les résultats trouvés et concernant le sulfure de bore. Ce sulfure a été préparé par l'action de l'hydrogène sulfuré dilué dans un volume d'hydrogène, sur du bore, chauffé à une température de 1500°, à l'aide d'un four Méker, à air comprimé (²).

Le rapport qui existe entre les volumes des deux gaz et la vitesse du mélange gazeux joue un rôle capital dans la formation du sulfure.

Après de nombreux tâtonnements, je suis arrivé à des résultats convenables, en faisant passer un volume de 25^{cm^3} de gaz hydrogène par minute et un volume de 25^{cm^3} d'hydrogène sulfuré en 4 minutes. L'obstruction du tube de porcelaine, par le dépôt des cristaux, peut être aussi facilement évitée, en forçant pour quelques instants le volume du courant gazeux, pour entraîner plus loin les cristaux formés; puis, en rétablissant la vitesse initiale.

Les cristaux de B^2S^3, ainsi préparés, se présentent sous forme d'aiguilles blanches, longues de 10^{mm} environ et sans éclat.

(¹) N.-D. Costeanu, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1985.

(²) Wöhler et Deville, *Ann. Chim. Phys.*, 1858, p. 52-90. — Moissan, *Comptes rendus*, t. 115, 1892, p. 203. — H. Gautier, *Ann. Chim. Phys.*, t. XVIII, 1899, p. 363.

Leur analyse a fourni des chiffres sensiblement théoriques.

Le gaz carbonique réagit de la même manière sur le sulfure de bore que sur le sulfure de silicium.

Il le transforme en anhydride borique, avec dépôt de soufre et formation d'oxyde de carbone, suivant l'équation

$$B^2S^3 + 3CO^2 = B^2O^3 + 3CO + 3S.$$

La réaction commence à 300° et la transformation est assez faible à cette température. Elle est accélérée par la durée de la chauffe et par l'élévation de la température; mais elle n'est pas très rapide, étant empêchée par une couche de B^2O^3 qui prend naissance à la surface et qui arrête la transformation du reste.

Ainsi, un volume de gaz CO^2 égal à $140^{cm^3},2$, introduit dans le four et chauffé avec la substance pendant 17 heures, n'a subi qu'une transformation de 2,13 pour 100. En recueillant les gaz, à la fin de l'opération, j'ai trouvé $3^{cm^3},1$ de gaz CO.

Sans démonter le four, et en continuant la chauffe de la même substance, dans un autre volume de gaz CO^2, égal à $131^{cm^3},07$ et à une température de 650°, j'ai trouvé, l'opération finie, $5^{cm^3},14$ de gaz CO.

Le volume total de CO dans les deux expériences est donc de $8^{cm^3},24$, correspondant, d'après l'équation ci-dessus, à une mise en liberté de soufre de $0^g,00864$.

La nacelle qui contient le sulfure de bore étant attaquée pendant la réaction, son contenu n'est pas complètement soluble dans l'eau, en raison de la silice provenant de l'attaque.

Le soufre se dépose aux deux extrémités du tube sous forme d'une poudre très fine, de couleur blanche.

Après l'avoir soigneusement recueilli, oxydé et précipité par du chlorure de baryum, j'ai trouvé un poids de $0^g,00785$, ce qui est sensiblement approché du chiffre théorique, eu égard à la petite quantité de matière dont je me suis servi pour l'analyse.

Le filtrat a été neutralisé par de l'ammoniaque, ensuite évaporé, à peu près à sec, et les résidus repris par de l'acide sulfurique concentré et par de l'alcool méthylique.

Les vapeurs, provenant de l'ébullition de ce mélange, n'ont pas donné la flamme verte caractéristique du bore; ce qui prouve que le sulfure de bore n'a subi aucune volatilisation à la température où j'ai opéré.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les colorations que prennent les verres renfermant du cuivre.* Note (1) de M. **Albert Granger**, présentée par M. Haller.

Des anomalies observées dans la préparation de verres colorés destinés à servir d'élément fusible dans la porcelaine tendre m'ont amené à étudier

(1) Présentée dans la séance du 10 novembre 1913.

comment variait la coloration des verres dans la composition desquels entrait du cuivre.

Mes expériences, se rapportant à une étude industrielle, ont porté sur des verres dont l'acidité variait entre $2,5\,SiO^2$ et $3,5\,SiO^2$.

La couleur bleue, dans les verres contenant du cuivre, se développe très bien dans les verres qui renferment une notable quantité d'alcalis; ainsi un verre, répondant à la formule moléculaire

$$2,5\,SiO^2\ 0,05\,CuO\ 0,25\,CaO\ 0,70\,Na^2O,$$

présente une belle couleur bleue, un peu plus foncée que celle des siphons à eau de Seltz qui sont en verre coloré par du cuivre.

L'acidité du verre n'a pas d'action sur la coloration d'une matière sensible. J'ai préparé des verres avec le même rapport entre les bases, mais dont l'acidité était successivement $2,5\,SiO^2$, $3\,SiO^2$ et $3,5\,SiO^2$, sans constater de modification dans la coloration. La seule observation que j'ai faite a été la tendance du premier de ces verres à déposer du cuivre métallique quand on le coulait dans un moule en métal froid. La surface était colorée en rouge par une pellicule de cuivre. Cassé, le verre ne laissait voir aucun dépôt dans la masse qui restait parfaitement bleue.

Quand on substitue à la chaux des quantités moléculairement équivalentes d'autres oxydes : $0,25\,PbO$; $0,25\,ZnO$; $0,25\,BaO$; $0,25\,MgO$, la teinte bleue se conserve. Il en est de même quand on substitue de la potasse à la soude. L'introduction d'une légère quantité d'alumine ne semble pas avoir d'action; ainsi le verre $3,5\,SiO^2$, $0,1\,Al^2O^3$, $0,05\,CuO$, $0,25\,CaO$, $0,70\,Na^2O$ conserve sa couleur bleue.

Si maintenant nous faisons varier les rapports entre la chaux et la potasse ou la soude comme dans les verres : $2,5\,SiO^2$, $0,05\,CuO$, $0,42\,CaO$, $0,53\,Na^2O$; $2,5\,SiO^2$, $0,05\,CuO$, $0,45\,CaO$, $0,50\,K^2O$; $3\,SiO^2$, $0,05\,CuO$, $0,45\,CaO$, $0,50\,K^2O$; $3\,SiO^2$, $0,05\,CuO$, $0,45\,CaO$, $0,50\,Na^2O$, on constate que le ton bleu perd de sa beauté et va en se salissant à mesure que la quantité d'alcali diminue au profit de la quantité de chaux.

En augmentant la teneur en cuivre on voit que le bleu si franc des verres précédents tourne au vert. Il suffit d'introduire $0,10\,CuO$ au lieu de $0,05\,CuO$ dans les premiers verres étudiés en réduisant la chaux d'autant c'est-à-dire à $0,20\,CaO$, pour constater le verdissement du verre. Les verres suivants : $3\,SiO^2$, $0,10\,CuO$, $0,20\,CaO$, $0,70\,Na^2O$; $3\,SiO^2$, $0,10\,CuO$, $0,40\,PbO$, $0,50\,K^2O$; $3\,SiO^2$, $0,10\,CuO$, $0,40\,CaO$, $0,50\,Na^2O$ sont nettement bleu-vert. Cette tendance au verdissement

s'accentue même avec une teneur moindre en cuivre quand on force la teneur en chaux ou quand on introduit de l'alumine ou de l'anhydride borique. Un verre à 3,5 SiO^2, qui est bleu, devient bleu-vert par la substitution de 0,5 B^2O^3 à 0,5 SiO^2.

L'obtention d'un verre franchement vert avec le cuivre est difficile à réaliser; presque tous les verres que nous avons obtenus en augmentant la teneur en chaux ou oxyde plomb aux dépens de la teneur en alcalis (potasse ou soude) laissent voir une pointe de bleu. L'introduction de grandes quantités de chaux et d'oxyde de cuivre accentue bien la tendance au verdissement, mais alors la masse devient infusible dans les conditions ordinaires de chauffage de nos laboratoires. Ainsi un verre tel que 3,5SiO^2, 0,25CuO, 0,50CaO, 0,25 Na^2O donne une masse verdâtre qui reste assez visqueuse pour ne pas pouvoir être coulée du creuset. Elle n'est pas affinée, est restée opaque et, quand on l'arrache du creuset à la pince, elle laisse voir aux points touchés des taches rouges de cuivre. Avec un verre moins acide et peu alcalin comme 2,5 SiO^2, 0,10 CuO, 0,40 CaO, 0,50 Na^2O, j'ai observé également la tendance à déposer du cuivre quand on le coulait dans un moule métallique froid. En reprenant une formule, indiquée par Péligot dans son Ouvrage *Le Verre*, pour l'obtention du verre vert coloré par du cuivre, 2,5 SiO^2, 0,11 CuO, 0,36 CaO, 0,53 Na^2O j'ai encore obtenu un verre présentant des pointes de bleu. Le même verre devient nettement vert par addition d'oxyde de fer; 0,027 Fe^2O^3 suffisent pour corriger la tendance au bleu. Ceci semblerait prouver que les verres colorés en vert du commerce par l'emploi du cuivre ne doivent leur teinte verte qu'à la présence de faibles quantités de composés ferrugineux dans les matières premières.

Je n'ai pu obtenir aisément de verres franchement verts qu'en introduisant, en même temps qu'une notable dose d'oxyde de cuivre, de l'anhydride borique et de l'alumine. Les deux verres : 2,5 SiO^2, B^2O^3, 0,15 CuO, 0,15 CaO, 0,70, Na^2O et 2,5 SiO^2, B^2O^3, 0,25 Al^2O^3, 0,15 CuO, 0,15 CaO, 0,70 Na^2O présentent une coloration verte, quoique le verre sans alumine ait une tendance très légère au bleu qu'on ne remarque pas dans l'autre.

En résumé les verres sont colorés en bleu par le cuivre quand la teneur en cuivre est faible ; avec 0,05 CuO pour une molécule de base on obtient une coloration bleue très satisfaisante. Si l'on force la teneur en cuivre, le verre a une tendance à verdir, ceci étant vrai pour des verres à teneur prononcée en alcalis. La diminution de l'alcalinité augmente la tendance à verdir et cette tendance à verdir est aidée puissamment par l'addition d'alu-

mine et surtout d'anhydride borique. Les verres renfermant de l'anhydride borique ont une teinte très foncée; quand leur épaisseur atteint quelques millimètres ils sont presque opaques. Ce manque de transparence est très appréciable même quand on regarde le verre par réflexion; il paraît noirâtre. Le facteur le plus important pour l'obtention de verres bleus est un rapport convenable entre les bases. L'acidité du verre n'a pas d'action sensible sur la teinte. Ces conclusions sont vraies pour les verres à la chaux, à la baryte, à l'oxyde de plomb, à l'oxyde de zinc, à la potasse et à la soude. La magnésie ne change pas la coloration, mais donne de mauvais verres. Une observation très intéressante a été faite au cours de ces recherches : c'est la tendance de certains verres à déposer du cuivre quand ils sont refroidis brusquement. Cette remarque a, à mon avis, une très grande importance au point de vue de l'obtention des rouges de cuivre, car elle tend à prouver que l'action réductrice n'intervient pas seule dans la production de ces curieux effets. Certains verres ayant une tendance à déposer du cuivre, ce serait dans les glaçures du même type qu'il y aurait lieu de chercher un moyen d'obtention facile de ces rouges. Nous nous proposons de poursuivre nos recherches dans ce sens.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Éthérification catalytique, en solution aqueuse, de quelques alcools primaires de la série* $C^nH^{2n+2}O$. Note de M. F. **Bodroux**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1079), j'ai indiqué que la distillation, en présence d'une faible quantité d'un catalyseur, d'un mélange d'acide acétique et d'alcool éthylique dilué dans une notable quantité d'eau, fournit, avec un bon rendement, de l'acétate d'éthyle.

Le même mode opératoire peut être utilisé pour l'éthérification des acides formique, acétique, propionique, par les premiers alcools primaires de la série $C^nH^{2n+2}O$; le rendement est excellent lorsque les éthers-sels ont un point d'ébullition inférieur à 100°; il est médiocre dans le cas contraire, l'eau qui distille entraînant une partie des produits primitifs.

Si le mélange, au lieu d'être soumis à la distillation, est chauffé dans un ballon surmonté d'un réfrigérant à ascendant, il y a formation d'éther-sel qui se sépare, et, dans chaque cas, la quantité d'éther tend vers une limite qui est assez rapidement atteinte.

Voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus en chauffant :

I. Acide acétique, 20^{cm^3}; alcool éthylique, 20^{cm^3}; solution aqueuse de SO^4H^2 à 1^v pour 100, 50^{cm^3};

II. Acide acétique, 20^{cm^3}; alcool isoamylique, 40^{cm^3}; solution aqueuse de SO^4H^2 à 5^v pour 100, 50^{cm^3};

III. Acide propionique, 25^{cm^3}; alcool propylique, 25^{cm^3}; solution aqueuse de SO^4H^2 à 5^v pour 100, 50^{cm^3}.

Durée de l'expérience.	Quantité d'acide éthérifiée pour 100. I.	II.	III.
30 minutes	21,5	45,7	45,1
1 heure	33,2	50,8	51,8
2 heures	35,6	52,2	56,9
3 heures	35,9	52,5	58,3

Dans les mêmes conditions, en l'absence de SO^4H^2, la quantité d'éther-sel formée est insignifiante.

A la température du laboratoire, il faut un temps considérable pour atteindre la limite d'éthérification ; ainsi, avec le mélange I, on a :

	Quantité d'acide éthérifiée pour 100.
Après 10 jours	28,8
Après 50 jours	32,2
Après 150 jours	35,3

Cette éthérification lente peut, dans certains cas, être mise en évidence. En abandonnant au repos un mélange d'acide sulfurique très dilué, d'acide acétique et d'alcool amylique, ces deux derniers corps étant pris en proportions moléculaires, on voit quelques jours plus tard le liquide, jusqu'alors homogène, se séparer en deux couches; l'inférieure est aqueuse, son importance croît avec le temps; la supérieure contient de l'acétate d'amyle.

Je me suis demandé si, à la température ambiante, il n'y aurait pas possibilité d'accélérer la formation d'un éther-sel au sein d'un milieu aqueux dans lequel il serait insoluble, ce qui permettrait de l'isoler facilement. La réalisation de cette idée devait présenter, au point de vue pratique, un double intérêt : permettre le remplacement de produits purs par des produits contenant une notable proportion d'eau, éviter le chauffage du mélange et, par suite, faire une économie de combustible. J'ai constaté que, dans un certain nombre de cas, ce double but peut être facilement atteint.

En dissolvant 100g d'alcool éthylique, 120g d'acide acétique, dans 250g d'une solution aqueuse, saturée, de NaCl, et en ajoutant au mélange 20g de SO^4H^2 pur, on voit, une douzaine d'heures après, le liquide scindé en deux couches, la plus légère renfermant de 45 à 50 pour 100 d'acétate d'éthyle.

Si, à partir de ce moment, le mélange est agité de temps en temps, de manière à faire dissoudre dans l'eau salée une partie de l'alcool et de l'acide acétique non utilisés et entraînés dans la couche supérieure, la proportion d'éther-sel augmente. J'ai pu ainsi obtenir un rendement en acétate d'éthyle de 80 pour 100 environ.

En variant la quantité d'acide sulfurique, les conditions de la préparation se modifient. On peut employer un autre catalyseur acide et obtenir des résultats analogues : ainsi, en saturant le mélange d'alcool, d'acide acétique et d'eau salée avec de l'acide picrique, on observe quelques jours après la formation de la couche éthérée.

On obtient les éthers-sels peu solubles dans l'eau, en ajoutant, au mélange d'acide organique et d'alcool, son poids d'acide chlorhydrique pur du commerce, étendu de son volume d'eau. L'acide minéral employé en grande quantité accélère la catalyse et favorise la dissolution de quelques alcools aliphatiques (isobutylique, amylique). La liqueur, d'abord limpide, se trouble après quelques heures, puis l'éther formé se sépare : celui-ci est ainsi préparé avec un rendement qui varie de 60 à 90 pour 100.

Certaines préparations peuvent être rendues continues, notamment celles des éthers-sels dont la densité est supérieure à l'unité. C'est le cas de divers *éthers chloracétiques* qu'on obtient facilement en plaçant dans un décanteur à robinet la solution aqueuse du mélange d'acide et d'alcool additionnée du catalyseur. Si celui-ci est en forte proportion, la formation de l'éther-sel est rapide, mais celui-ci entraîne une quantité notable des corps qui l'ont formé; si le catalyseur est employé en faible quantité (quelques centièmes), la précipitation de l'éther-sel ne commence qu'après un jour ou deux, mais le liquide qui se dépose est plus pur et le rendement bien meilleur. En faisant écouler de temps en temps le composé qui a pris naissance et en ajoutant à la liqueur mère, pour réparer ses pertes, un mélange d'acide et d'alcool, la réaction se poursuit régulièrement.

Les essais effectués, à la température du laboratoire, dans le but de préparer les éthers benzoïques, salicyliques et cinnamique, ne m'ont donné aucun résultat. J'ai, au contraire, obtenu très rapidement et avec un bon rendement le *phénylacétate d'éthyle* en mélangeant des poids égaux d'acide phénylacétique, d'alcool éthylique et d'acide chlorhydrique commercial pur.

Ces recherches sont continuées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de condensation des chlorures de benzyle nitrés avec l'acétylacétone, la méthylacétylacétone et les éthers cyanacétiques.* Note de M. **H. Mech**, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes publiées aux *Comptes rendus* [1] j'ai exposé les résultats de l'action des chlorures de benzyle *o*- et *p*- nitrés sur l'acétylacétone. Ce travail a été poursuivi par la réduction de la di-*p*-nitrobenzylacétylacétone et l'étude de l'action du chlorure de benzyle *p*-nitré sur la méthylacétylacétone.

Di-p-aminobenzylacétylacétone :

$$\begin{matrix} CH^3CO \\ CH^3CO \end{matrix} \!\!>\! C \!<\!\! \begin{matrix} CH^2_1C^6H^4_4NH^2 \\ CH^2_1C^6H^4_4NH^2 \end{matrix}.$$

Cette diamine a été obtenue en réduisant, par la poudre de zinc et l'acide chlorhydrique, le dérivé nitré correspondant, en suspension dans l'alcool. L'opération est assez longue, en raison de l'insolubilité de ce dérivé nitré. Le produit de la réaction, filtré, est saturé par la soude caustique et épuisé à l'éther, qui abandonne par évaporation des cristaux qu'on purifie par lavage avec un peu d'éther et recristallisation dans l'alcool.

La diamine est une poudre blanche, fondant à 126°, soluble dans l'éther, plus soluble dans l'alcool, très soluble en jaune clair dans les acides étendus.

Son *chloroplatinate* $PtCl^4, C^{19}H^{22}N^2O^2, 2HCl$ est une poudre brun rougeâtre. La diazotation de cette diamine a pu être réalisée, et le bisdiazoïque formé donne, par copulation avec les phénols, des matières colorantes dont l'étude sera poursuivie.

Action du chlorure de benzyle p-nitré sur la méthylacétylacétone. — Cette action, conduite d'après le même mode opératoire qu'avec l'acétylacétone, ne conduit pas au dérivé nitrobenzylé prévu; mais, de même que dans le cas de l'acétylacétone, il se produit, par hydrolyse de ce dérivé, une monocétone, la *méthyl-p-nitrophénylbutanone :*

$$CH^3-CO-\underset{CH^2_1C^6H^4_4NO^2}{\overset{CH^3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COCH^3+HOH = CH^3COOH+CH^3-CO-\overset{CH^3}{\overset{|}{C}}H-CH^2_1C^6H^4_4NO^2.$$

(1) H. Mech, *Comptes rendus*, t. 143, p. 751; t. 146, p. 1409.

Ce produit, purifié par plusieurs cristallisations dans l'éther, est une poudre cristalline blanche, fondant à 54°, très soluble dans l'alcool et l'éther.

Son *oxime*, $CH^3 - \underset{\underset{N - OH}{\|}}{C} - \overset{\overset{CH^3}{|}}{CH} - CH^2_1 C^6 H^4_4 NO^2$, obtenue en chauffant une solution alcoolique de la cétone avec du chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de carbonate de sodium, et purifiée par cristallisation dans l'éther, se présente en prismes incolores, fondant à 121°.

Sa *semicarbazone*, obtenue par l'action du chlorhydrate de semicarbazide en présence d'acétate de potassium, se présente en petits cristaux légèrement jaunâtres, fondant à 199° en se décomposant.

Action des chlorures de benzyle nitrés sur les éthers cyanacétiques. — La condensation du chlorure de benzyle *o*-nitré avec le cyanacétate d'éthyle a déjà été réalisée par M. A. Haller, qui a signalé la formation du dérivé di-*o*-nitrobenzylé ([1]), M. G. Roméo a obtenu un dérivé analogue avec ce même éther et le chlorure de benzyle *p*-nitré ([2]).

J'ai réalisé la condensation des deux chlorures avec le cyanacétate de méthyle. Une solution dans l'alcool méthylique de cyanacétate de méthyle sodé réagit vivement à froid sur les chlorures de benzyle nitrés, en dégageant assez de chaleur pour porter le liquide à l'ébullition. La réaction s'achève en chauffant 10 à 15 minutes au bain-marie.

Le *di-p-nitrobenzylcyanacétate de méthyle* est une poudre cristalline blanche, insoluble dans l'alcool et l'éther, soluble dans l'acétone et l'acide acétique, fusible à 161°. Chauffé 15 à 20 minutes vers 190° avec de l'acide sulfurique étendu du cinquième de son poids d'eau, il se dissout, puis dégage du gaz carbonique. Par refroidissement, il se dépose de petites écailles cristallines qui, lavées avec un peu d'acide sulfurique, puis à l'eau, et séchées, fondent à 183°-184°. Ce point de fusion, ainsi que l'analyse, ont permis d'identifier ce corps avec l'acide *di-p-nitrobenzylacétique* obtenu par Reissert ([3]). Il prend naissance d'après l'équation :

$$\begin{matrix} NO^2_4 C^6 H^4_1 CH^2 \\ NO^2_4 C^6 H^4_1 CH^2 \end{matrix} \!\!> C <\!\! \begin{matrix} CN \\ CO^2 CH^3 \end{matrix} + 2 H^2O + 2 SO^4 H^2$$
$$= SO^4 H NH^4 + SO^4 H CH^3 + CO^2 + \begin{matrix} NO^2_4 C^6 H^4_1 CH^2 \\ NO^2_4 C^6 H^4_1 CH^2 \end{matrix} \!\!> CH - CO^2 H.$$

([1]) A. Haller, *Dictionnaire de Wurtz*, 2e supplément, p. 1510.
([2]) G. Roméo, *Gazetta chimica italiana*, t. XXXII, p. 355-365.
([3]) Reissert, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XXVII, p. 2248.

Le *di-o-nitrobenzylcyanacétate de méthyle*, purifié par dissolution dans l'alcool méthylique bouillant, d'où il cristallise par refroidissement, se présente en petits cristaux incolores, noircissant à la longue à la lumière, fondant à 103°. Chauffé avec de l'acide sulfurique dans les mêmes conditions que son isomère, il se comporte de même, et donne des cristaux fusibles à 149°, identiques à l'acide di-*o*-nitrobenzylacétique, également obtenu par Reissert (¹).

Le *di-p-nitrobenzylcyanacétate d'éthyle* en solution dans l'acide acétique est facilement réduit par une solution chlorhydrique de chlorure stanneux. Il donne naissance à une diamine facilement diazotable, et, en copulant le bis-diazoïque obtenu avec divers phénols et amines, il m'a été possible de préparer une série de nouvelles matières colorantes. L'étude de cette amine et de ses dérivés fera l'objet d'une publication ultérieure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens mixtes sur l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique.* Note (²) de M. **Roger Douris**, présentée par M. Haller.

Pour établir les fonctions des 2^at d'oxygène de l'aldéhyde $C^8H^{12}O^2$ (I), M. Delépine (¹) s'était adressé à l'action des dérivés organomagnésiens de M. Grignard. Dans ses recherches avec l'iodure de magnésium-éthyle, il avait obtenu l'alcool (II) et l'oxycarbure correspondant (III). L'aldéhyde $C^8H^{12}O^2$ possédait donc un complexe $C^7H^{11}O$, uni au groupement fonctionnel aldéhydique. Des propriétés des corps obtenus, M. Delépine (³) avait conclu que l'aldéhyde contient son second atome d'oxygène sous forme d'éther oxyde, car il reste intact au cours des réactions :

```
       CH                      CH                              CH
CH²╱   ╲\C.CHO       CH²╱   ╲\C.CH(OH).CH².CH³     CH╱   ╲\C.CH=CH—CH³
CH³.CH│   │CH.CH³   CH³.CH│   │CH.CH³           CH³.CH│   │CH.CH³
       O                       O                              O
     (I).                    (II).                          (III).
```

Comme il s'agissait là d'une donnée importante pour la constitution dudit aldéhyde, j'ai repris ces expériences sur une plus grande échelle en utilisant des homologues de l'iodure de magnésium-éthyle. De plus, comme M. Delépine (¹) avait obtenu son oxycarbure sans préciser les circonstances

(¹) Reissert, *loc. cit.*

(²) Présentée dans la séance du 10 novembre 1913.

(³) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 535-537.

de sa production, j'ai cherché les conditions expérimentales qui permettent d'obtenir à volonté l'alcool ou le carbure éthylénique correspondant. En examinant la quantité de réactif organomagnésien utilisée dans les réactions, on peut même en tirer des arguments pour l'existence du chaînon oxygéné. En effet, si ce second atome d'oxygène était alcoolique, il réagirait de suite avec le dérivé organomagnésien RMgX en donnant le carbure d'hydrogène saturé RH et il n'y aurait d'alcool secondaire engendré qu'après cette destruction. Or, avec $1^{mol}\frac{1}{4}$ de dérivé organomagnésien seulement, on a plus de la moitié de l'alcool prévu; le second atome ne réagit donc pas, il est oxydique.

Les alcools en question s'obtiennent à la façon ordinaire en faisant réagir à la température ambiante l'aldéhyde en solution éthérée sur les composés halogéno-alcoylmagnésiens. Ces alcools sont éthérifiables par l'anhydride acétique. J'ai pu obtenir l'alcool secondaire $C^9H^{16}O^2$ ou $C^7H^{11}O.CH(OH).CH^3$, liquide d'odeur agréable bouillant à 107°-109° sous 14^{mm}; $d_4^0 = 1,0144$, $d_4^{15} = 1,0098$, l'éther acétique $C^{11}H^{18}O^3$ ou $C^7H^{11}O.CH(CO^2CH^3).CH^3$; éb. 109°-112° sous 15^{mm}, $d_4^0 = 1,0243$, $d_4^{20} = 1,0068$.

L'alcool secondaire $C^{10}H^{18}O^2$ ou $C^7H^{11}O.CH(OH)CH^2.CH^3$, liquide épais légèrement jaunâtre, d'odeur agréable, bouillant à 125°-130° sous 21^{mm}; $d_4^0 = 1,0004$; $d_4^{17} = 0,9987$.

L'éther acétique $C^{12}H^{20}O^3$ ou $C^7H^{11}O.CH(CO^2CH^3)C^2H^5$. Éb. 129°-130° sous 23^{mm}; $d_4^0 = 1,0168$, $d_4^{20} = 0,9992$.

L'alcool secondaire $C^{11}H^{20}O^2$ ou $C^7H^{11}O.CH(OH).C^3H^7$ *iso*. Éb. 118°-125° sous 22^{mm}; $d_4^0 = 1,0022$, $d_4^{17} = 0,9770$.

L'éther acétique $C^{13}H^{22}O^3$ ou $C^7H^{11}O.CH(CO^2CH^3).C^3H^7$ iso. Éb. 119°-122° sous 13^{mm}; $d_4^0 = 0,9974$, $d_4^{17} = 0,9827$.

L'alcool secondaire $C^{12}H^{22}O^2$ ou $C^7H^{11}O.CH(OH).C^4H^9$ iso. Éb. 127°-133° sous 13^{mm}; $d_4^0 = 0,9729$; $d_4^{16} = 0,9619$.

L'éther acétique $C^{14}H^{24}O^3$ ou $C^7H^{11}O.CH(CO^2CH^3).C^4H^9$ iso. Éb. 130°-132° sous 14^{mm}; $d_4^0 = 0,9818$, $d_4^{17} = 0,9680$.

L'alcool secondaire $C^{13}H^{24}O^2$ ou $C^7H^{11}O.CH(OH)C^5H^{11}$ iso. Éb. 144°-150° sous 15^{mm}; $d_4^0 = 0,9678$, $d_4^{15} = 0,9543$.

L'éther acétique $C^{15}H^{26}O^3$ ou $C^7H^{11}O.CH(CO^2CH^3)C^5H^{11}$ iso. Éb. 143°-145° sous 13^{mm}; $d_4^0 = 0,9716$, $d_4^{17} = 0,9592$.

La rectification de l'alcool $C^9H^{16}O^2$ à feu nu est impossible, elle se produit avec un crépitement continuel, par suite de la déshydratation de l'alcool. L'oxycarbure formé bout à 168° et est manifestement plus odorant que l'alcool. Il est préférable de chercher à produire directement cet oxy-

carbure au cours de la réaction de l'aldéhyde sur l'iodure de magnésium-méthyle.

Il m'a semblé naturel de penser qu'un excès de dérivé organomagnésien produirait l'action déshydratante désirée. Les composés organomagnésiens, en se décomposant par l'eau en carbures et MgI(OH), sont susceptibles d'emprunter l'eau nécessaire à leur décomposition à des combinaisons plus complexes. On peut émettre l'hypothèse d'une réaction entre une molécule d'iodure de magnésium-méthyle et la combinaison complexe résultant de l'union de l'aldéhyde avec l'iodure de magnésium-méthyle qui aurait donné le carbure éthylénique, de la magnésie, de l'iodure de magnésium et du méthane.

$$C^7H^{11}OCH\left\langle\begin{array}{l}\boxed{OMg}\,\boxed{I \quad IMg}\,\boxed{CH^3}\\ \qquad + \\ CH^2\;\boxed{H}\end{array}\right. = C^7H^{11}O.CH = CH^2 + MgO + MgI^2 + CH^4.$$

Une deuxième façon d'interpréter la formation du carbure éthylénique consiste à admettre qu'au moment de la décomposition par l'eau en quantité insuffisante, ce soit la combinaison complexe qui réagisse la première en donnant l'alcool secondaire auquel le dérivé organomagnésien en excès emprunterait l'eau pour sa décomposition.

$$C^7H^{11}O.CH\left\langle\begin{array}{l}OMgI\\CH^3\end{array}\right. + CH^3.MgI + H^2O = C^7H^{11}OCH(OH).CH^3 + MgI(OH) + CH^3.MgI.$$

$$C^7H^{11}O.CH(OH).CH^3 + CH^3.MgI = C^7H^{11}O.CH = CH^2 + MgI(OH) + CH^4.$$

Si l'on fait réagir l'iodure de magnésium méthyle dans la proportion de $2^{mol},5$ pour 1^{mol} d'aldéhyde, et qu'après avoir chauffé pendant une demi-heure on décompose par l'eau de fusion d'un morceau de glace, on obtient un mélange de carbure et d'alcool dont le poids est égal à celui de l'aldéhyde employé. Par distillation fractionnée dans le vide, il est possible d'isoler un quart du mélange total qui représente le carbure $C^7H^{11}O.CH = CH^2$. On obtient ainsi, après plusieurs rectifications, un liquide mobile, d'une odeur forte, d'une saveur chaude, camphrée et menthée, à la fois différente de celle de son homologue supérieur. Il bout à 59°-63° sous 18^{mm} sa densité $d_4^0 = 0,9200$; $d_4^{25} = 0,8983$.

L'anhydride acétique, en présence d'acétate de sodium, le laisse presque inaltéré; l'oxygène qu'il contient fait donc partie d'une fonction éther-oxyde.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Antagonisme des propriétés de la guanine et de l'adrénaline.* Note de MM. **Desgrez** et **Dorléans**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons montré, dans une Note précédente (1), que la guanine, base originaire d'un certain nombre de glandes, mais principalement de la glande pancréatique, jouit de la propriété d'abaisser la pression artérielle. Elle produit donc, à ce point de vue au moins, un effet inverse de celui de l'adrénaline, base essentielle des capsules surrénales. Nous avons déterminé, dans les présentes recherches, l'influence exercée par la guanine vis-à-vis de l'action toxique de l'adrénaline et vis-à-vis de la glycosurie produite par cette substance.

La guanine, extraite du guano, a été soumise à deux purifications successives, puis dissoute dans la plus faible quantité possible de soude. L'adrénaline a été dissoute à raison de 0g,05 pour 20cm³ d'eau, avec addition de la quantité minima d'acide chlorhydrique.

I. Antagonisme général des deux bases. — Les injections des solutions ont été faites par voie sous-cutanée, l'une à gauche, l'autre à droite du corps de l'animal.

Première expérience. — Deux lapins pesant chacun 2270g ont reçu 0g,01 d'adrénaline par kilogramme. L'un d'eux avait, en outre, reçu 0g,40 de guanine, 15 minutes avant cette injection. Ce dernier animal a résisté 55 minutes à l'action de l'adrénaline, tandis que l'autre n'a résisté que 15 minutes.

Deuxième expérience. — Deux lapins, sensiblement de même poids, ont reçu chacun 0g,0075 d'adrénaline par kilogramme, et l'un d'eux 0g,40 de guanine, 20 minutes avant cette injection. Alors que ce dernier animal survécut 4 heures, le premier a succombé en 3 heures 20 minutes.

Troisième expérience. — Instituée comme la précédente, sauf en ce que la guanine a été donnée deux jours de suite à l'un des animaux et à la dose de 0g,20 chaque fois. Ce dernier a survécu 36 heures environ à l'injection d'adrénaline, l'autre animal ayant succombé pendant la nuit qui a suivi.

Quatrième expérience. — Un cobaye pesant 320g a reçu 0g,05 de guanine, puis, 15 minutes après, 0g,001 d'adrénaline pour 100g d'animal. Il a survécu 24 heures, tandis qu'un cobaye pesant 400g et qui n'a reçu que l'adrénaline a survécu 55 minutes seulement.

Cinquième expérience. — A porté sur deux lots de deux cobayes de même poids.

(1) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1109.

Ceux du 1er lot ont reçu chacun 0g,05 de guanine, puis, au bout d'une demi-heure, les quatre animaux ont reçu chacun 0g,0015 d'adrénaline pour 100g de leur poids. Ceux qui n'ont pas reçu de guanine ont survécu, l'un 20 minutes, l'autre 70 minutes à l'injection. Ceux qui ont reçu la guanine ont survécu, l'un 1 heure 35 minutes, l'autre 3 heures.

Sixième expérience. — Deux cobayes ont reçu chacun 0g,001 d'adrénaline pour 100g de poids. L'un d'eux avait reçu 0g,05 de guanine une demi-heure avant l'adrénaline. Il a survécu 24 heures, alors que le premier a succombé en 55 minutes.

II. Action de la guanine sur la glycosurie adrénalinique. — Ces expériences ont également porté sur le lapin et sur le cobaye.

Première expérience. — Deux lapins de même poids ont reçu l'un et l'autre 0g,001 d'adrénaline par kilogramme, en injection sous-cutanée. L'un d'eux a reçu, en outre, 0g,10 de guanine en injection intraveineuse. Alors que ce dernier animal n'a éliminé, en 48 heures, que des traces de sucre, le premier en a éliminé 1g,70.

Deuxième expérience. — Quatre lapins, divisés en deux lots, ont été traités comme les précédents, sauf que l'adrénaline a été portée à 0g,00125 par kilogramme. Les deux animaux, qui ont reçu en même temps la guanine, n'ont éliminé ensemble que 0g,12 de sucre en 48 heures, alors que les deux autres en ont éliminé 2g,86.

Troisième expérience. — A porté sur deux lapins, avec 0g,001 d'adrénaline par kilogramme, l'un des deux recevant, en outre, 0g,10 de guanine. Ce dernier n'a donné que des traces de sucre en 24 heures, alors que les urines de l'autre en renfermaient 2g,81.

Trois expériences effectuées chacune sur quatre cobayes divisés en deux lots ont donné des résultats analogues.

La guanine ayant été, comme nous l'avons dit, dissoute avec l'aide de la soude, on pouvait se demander si les effets observés n'étaient pas attribuables au léger excès de cette base nécessaire pour obtenir une dissolution complète de la guanine. Nous avons été ainsi amenés à recommencer nos expériences avec une solution de soude au même titre alcalimétrique que celui de la solution de guanine. Sur treize expériences effectuées avec la soude et l'adrénaline, sans guanine, nous n'avons eu que quatre résultats favorables au point de vue de la toxicité de l'adrénaline et deux seulement en ce qui concerne la glycosurie.

Conclusions. — La guanine diminue, dans une certaine mesure, la toxicité de l'adrénaline. Elle réduit, en outre, très notablement la glycosurie adrénalinique. Comme le pancréas est riche en protéides générateurs de guanine, comme il renferme même une certaine quantité de guanine libre, il y a tout lieu de penser que cette substance contribue à la régulation glycémique exercée par le pancréas.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'identification de l'urée et sa précipitation de solutions extrêmement diluées.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. Roux.

Pour qu'une substance organique puisse bénéficier du procédé d'identification le plus sûr (l'analyse), il est indispensable de l'isoler d'abord à l'état pur.

La réalisation de cette condition exige, quand il s'agit de l'urée, toute une série d'opérations : précipitations, concentrations, formation de la combinaison mercurique de Liebig, dédoublement de celle-ci, cristallisation de l'urée ou de son nitrate.

Cette laborieuse méthode paraît au surplus assez peu sensible : divers expérimentateurs, qui l'ont utilisée, n'ont pu réussir à saisir la moindre trace d'urée dans une solution qui en contenait cependant plusieurs décigrammes (oxydation alcaline de l'albumine) ([1]).

En permettant de précipiter l'urée d'un milieu complexe, sous la forme d'une combinaison définie, de poids moléculaire élevé, très peu soluble, cristallisée, directement pure ou susceptible de le devenir, le *xanthydrol* rend aisément accessible l'identification rigoureuse par l'analyse de l'un des corps les plus importants et les plus difficiles à isoler de la Chimie biologique.

Grâce à la dixanthyl-urée

$$O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH-NH-CO-NH-CH\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O,$$

dont la molécule pèse 420^g, *il est facile : d'identifier par l'analyse* 3^{cg} *à* 5^{cg} *d'urée ; d'en reconnaître par voie microchimique* $\frac{1}{100}$ *de milligramme et de précipiter ce corps d'une solution diluée au millionième.*

1. *Précipitation de l'urée pour des concentrations supérieures à quelques centigrammes par litre :*

A. *Milieu acétique à* 50 *pour* 100 *avec des quantités variables d'alcool et de xanthydrol.* — La solution d'urée, étendue de son volume d'acide acétique, est pourvue d'un certain volume de liqueur alcoolique de xanthydrol

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1187.

à $\frac{1}{20}$ [1] et de la même quantité d'acide acétique. La durée de la condensation varie avec la composition du mélange et nécessite un certain nombre d'heures.

B. *Milieu acétique à 70 pour 100, avec proportion fixe de xanthydrol et d'alcool.* — A 2 parties de la solution aqueuse d'urée on ajoute 7 parties d'acide acétique pur et 1 partie de liqueur alcoolique de xanthydrol à $\frac{1}{10}$. La condensation est terminée en moins d'une heure.

2. *Purification de l'urée dixanthylée.* — Dans une foule de circonstances l'uréine brute, essorée, lavée à l'alcool, est pure à l'analyse. Se présente-t-elle souillée d'impuretés, il est facile de l'en débarrasser en utilisant : son inaltérabilité dans les lessives alcalines bouillantes; sa très faible solubilité dans la plupart des dissolvants et enfin sa recristallisation dans la pyridine, qui, après en avoir dissous environ 1 pour 100 à l'ébullition, l'abandonne par refroidissement à l'état de belles aiguilles soyeuses. Même lorsque la quantité d'uréine recueillie est extrêmement faible, sa recristallisation est encore possible.

3. *Cristallisation de $\frac{1}{10}$ de milligramme d'urée dixanthylée.* — La solution, obtenue en chauffant à l'ébullition, quelques minutes, dans un tube à essais, 2^{cm^3} d'alcool et $\frac{1}{10}$ de milligramme d'uréine pure, versée bouillante sur filtre et entonnoir chauds, est reçue dans un petit cristallisoir sortant de l'étuve. La paroi plane du vase, examinée au microscope après quelque temps, apparaît recouverte de bâtonnets groupés (faible gross.) ou de longs filaments rectangulaires issus d'un même point (fort gross.) ainsi qu'en témoignent les photographies ci-jointes prises par M. Carin aux laboratoires de Zoologie de l'Université de Lille.

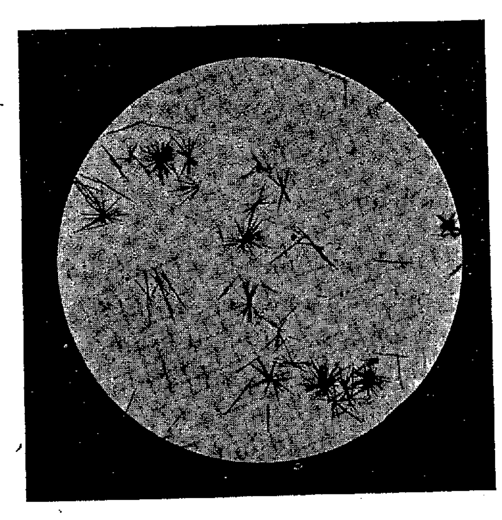
4. *Détermination de la durée de fusion-décomposition de l'uréine dans la vapeur d'oxyde de phényle en ébullition* (261° corr.). — Lorsque l'uréine est très pure, sa transformation complète en huile brune, par fusion-décomposition et dégagement gazeux, exige, dans ces conditions, de 8 à 15 minutes.

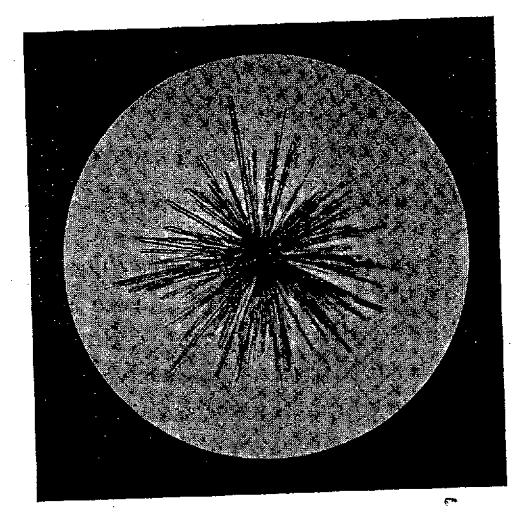
5. *Précipitation de l'urée à la dilution de un cent-millième* ($\frac{1}{100\,000}$). — Expérience I. — 1^l d'acide acétique à $\frac{1}{10}$, contenant $0^g,25$ de xanthydrol

---

[1] Environ 300^{cm^3} pour 1^g d'urée.

et 1^{cg} d'urée, se trouble quelques minutes après sa préparation. Une solution, sans urée, de composition semblable, manifeste aussi le même phénomène, mais plus lentement et avec moins d'intensité. Après 17 heures,





le témoin contenait de petits cristaux brillants formés de xanthone $CO\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O$ et de xanthane $CH^2\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O$, et la solution d'urée un dépôt floconneux très volumineux d'uréine impure.

Expérience II. — 5^l d'acide acétique à $\frac{1}{10}$, contenant $0^g,75$ de xanthydrol, reçoivent $0^g,0485$ d'urée.

Poids du dépôt, après plusieurs jours, lavé à l'acide acétique à $\frac{1}{10}$, à l'eau et séché : $0^g,3475$.

Azote contenu dans ce produit brut, trouvé N pour 100 : 6,26.

Calculé pour $CO\left[NH-CH\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O\right]^2$ N pour 100 : 6,66.

L'urée, retrouvée sous forme d'uréine, représente donc 96,09 pour 100 de la quantité mise en expérience.

6. *Précipitation de l'urée à la dilution de un millionième* ($\frac{1}{1000000}$). — La même méthode, appliquée à une solution contenant 1^{mg} d'urée par litre, permet d'isoler, après 17 heures, l'urée dixanthylée. Le précipité, recueilli par centrifugation, lavé à l'alcool froid, est épuisé par ce solvant au reflux (20^{cm^3}) : l'uréine cristallise en filaments groupés microscopiques; elle forme

après essorage un feuillet brillant argenté ; sa fusion-décomposition, dans la vapeur d'oxyde de phényle bouillant (261° corr.), est complète après 9 minutes.

ZOOLOGIE. — *Le mécanisme de l'adaptation chromatique et la livrée nocturne de l'*Idotea tricuspidata *Desm.* Note (¹) de M. **Henri Piéron**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1883, Matzdorff, décrivant de nombreuses variétés de couleur chez *Idotea tricuspidata* Desm., les expliquait par une « Anpassung zum Zwecke völliger Bergung », une adaptation utilitaire, et vérifiait des expériences de Mayer (1879) sur les changements rapides de teinte des Idotées placées en milieu clair ou obscur.

Au cours d'un séjour au Laboratoire maritime du Muséum, j'ai pu étudier un grand nombre d'individus d'*Idotea tricuspidata*, au point de vue des rapports chromatiques avec le milieu et des variations de couleur.

L'adaptation chromatique. — Il y a trois questions à se poser au sujet de l'adaptation chromatique :

1° En fait, les Idotées se trouvent-elles réellement sur des algues d'une couleur correspondant à leur livrée ?

2° S'il en est ainsi, choisissent-elles les algues de manière à réaliser l'adaptation chromatique ?

3° D'autre part, se produit-il une variation, lente ou rapide de la livrée, assurant l'adaptation sur des algues d'une couleur différente de la livrée du moment ?

I. En ce qui concerne le premier point, j'ai pu trouver sur les algues des bouées proches de Tatihou des individus de diverses teintes, répartis sur des algues de couleur verte, assez rares (*Ectocarpus*), des algues rouges (*Ceramium rubrum*) et des algues brunes (*Laminaria saccharina*).

Sur algues rouges, je trouve, par exemple, 8 individus jaunâtres, avec du rosé chez certains, 1 rougeâtre, 1 gris verdâtre, 1 verdâtre. Sur Laminaires, je trouve 6 individus jaune verdâtre, avec du rosé chez certains, 1 jaune, 1 vert, 1 violacé. Sur algues de couleur verte, enfin, je trouve 3 individus jaune verdâtre, 1 vert et 1 rougeâtre.

Ainsi, il n'y a pas adaptation chromatique parfaite; néanmoins, dans l'enchevêtrement des algues qui tapissent la bouée, on trouve plutôt les Idotées jaune verdâtre sur *Ectocarpus* et sur Laminaires, les jaunes et rougeâtres sur algues rouges.

(¹) Présentée dans la séance du 3 novembre 1913.

II. Or, en cristallisoir, des Idotées, gardées une quinzaine de jours avec des algues variées, n'ont manifesté aucun choix basé sur leur livrée chromatique, les individus rougeâtres ou verdâtres se comportant de façon identique.

III. Pour ce qui est de la variation de livrée provoquée par le changement d'algues, les individus verdâtres étant placés sur algues rouges, les brunâtres et rougeâtres sur algues vertes, j'ai pu constater que la couleur des algues était sans effet, et qu'agissait seulement la luminosité du milieu, les teintes brunâtres et rougeâtres apparaissant en milieu sombre, réalisé par exemple au moyen d'un feutrage épais de *Ceramium*, les jaune clair et verdâtres se manifestant en milieu clair, obtenu avec un tapis d'*Enteromorpha ramulosa* ou même quelques brins rouges de *Ceramium;* on obtient également les mêmes résultats en plaçant les Idotées sur fond noir ou sur fond de porcelaine blanche, comme l'ont déjà constaté Mayer et Matzdorff.

Le milieu des algues vertes étant plus clair, on s'explique la prédominance qu'on y constate des jaunes et des verts, celui des algues rouges étant plus sombre, la prédominance des bruns et des rouges.

Il n'y a donc chez l'*Idotea tricuspidata* qu'une adaptation chromatique incomplète et seulement apparente, n'impliquant chez ce Crustacé aucune perception des couleurs, mais exigeant seulement une perception visuelle des clartés; il y a *homophanie* plutôt qu'*homochromie*.

Le mécanisme de l'adaptation. — Comment s'effectuent les changements de coloration? Matzdorff a décrit les chromoblastes hypodermiques (qu'il appelle des *chromatophores*) de l'Idotée, blancs d'une part (formant des taches sans rapport avec l'adaptation chromatique) et rouges ou bruns d'autre part, capables de se rétracter ou de s'étaler largement, à côté de la coloration fixe de la chitine, jaune, rouge ou blanche, et des gouttes d'huile jaunes de l'hypoderme.

C'est, en effet, par étalement des chromoblastes foncés, supprimant la transparence plus ou moins grande des téguments, que se produit la livrée sombre, brune ou rougeâtre, et par rétraction que l'aspect jaune clair se manifeste.

Dans les chromoblastes, le pigment, composé de grains arrondis, animés de mouvements browniens, est de teinte assez variable suivant les individus; il est parfois violacé, tirant sur le lilas ou même sur le gris, bien que Matzdorff n'ait jamais constaté l'existence de la couleur violette; son abondance variable à l'intérieur des cellules pigmentaires provoque les aspects plus rouges ou plus bruns.

Mais il n'y a pas de chromoblastes verts, et pourtant on rencontre des individus très verts. Cette coloration verte est fournie par un pigment

dissous, réparti en grandes plages, sans qu'il y ait de diffusion apparente à partir des chromoblastes rouge brun comme pour le pigment bleu des Palémons. La couleur de ce pigment, qui forme un tapis ponctué par les noyaux des cellules hypodermiques, est très instable, car si l'on extrait l'hypoderme, alors que les chromoblastes s'obtiennent isolés avec leur pigment, le vert disparaît complètement.

La livrée nocturne. — Ce pigment vert [1] est à rapprocher du pigment bleu diffus des *Hippolyte*, signalé par Gamble et Keeble, et auquel il est certainement apparenté. En outre, fait intéressant, le pigment vert de l'Idotée apparaît chez tous les individus pendant la nuit, en même temps qu'il se produit une rétraction des chromoblastes, tout comme chez l'*Hippolyte* qui revêt la livrée bleue nocturne : quelle que soit leur adaptation chromatique, tous les individus d'*Idotea tricuspidata* ont une livrée verte nocturne, impliquant la transparence tégumentaire par rétraction chromoblastique, ce que n'avait point vu Matzdorff, qui déclarait que : « die Thiere bei Nacht stets die Färbung behalten die sie am Tage zuvor-besassen ».

La livrée nocturne est prise périodiquement, même quand on place les Idotées à l'obscurité ou qu'on les aveugle par extirpation des yeux (ce qui supprime, ainsi que l'ont signalé Mayer et Matzdorff, la capacité de changer de livrée sous l'influence de la luminosité du support), comme chez les *Hippolyte* de Gamble et Keeble; il y a là encore un nouveau fait de persistance rythmique; chez un individu, à l'obscurité, le rythme a duré une douzaine de jours.

Mais, à l'inverse des *Hippolyte*, les individus aveuglés, loin de prendre immédiatement la livrée nocturne, présentent au contraire de l'étalement des chromoblastes et la disparition du pigment vert quand ce pigment se trouvait apparent de jour; la livrée nocturne n'est alors prise qu'au soir, sous l'influence du rythme acquis.

La livrée nocturne ne se rencontre pas chez les jeunes Idotées, pas plus d'ailleurs que la capacité de modifier la livrée suivant la clarté des milieux. Les chromoblastes, quand ils apparaissent, sont généralement étalés; ensuite il se produit des rétractions, mais les jeunes individus manquent longtemps de plasticité chromatique et ne présentent pas de pigment vert.

---

(1) On n'a pas encore signalé de pigments verts chez les Crustacés. Chez un Sphæromide, la *Dynamene rubra*, qui présente les mêmes phénomènes que l'Idotée (livrée nocturne claire, adaptation à la luminosité du milieu), il existe un pigment vert opaque et brillant dans des chromoblastes, disposés en particulier en taches dorsales.

GÉOLOGIE. — *L'âge limite du granite dans les Monts du Mâconnais et du Beaujolais.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré antérieurement que la mise en place du granite dans les plissements hercyniens du Morvan et de la Loire s'était terminée à la fin du Tournaisien, avant le dépôt du Viséen. A la suite de récentes tournées, faites pour la Carte géologique au $\frac{1}{320000}$ de Lyon, j'ai recueilli de nouveaux éléments qui prouvent que la refusion granitique hercynienne a, dans les Cévennes beaujolaises et mâconnaises, atteint un niveau stratigraphique plus élevé que dans les points préalablement étudiés.

Le lambeau de terrains paléozoïques de Propières et Azolette, au sud-ouest de Mâcon, apparaît sous les tufs du Culm et présente, au milieu de schistes psammitiques, une série de lentilles calcaires d'âge viséen. Venant du Sud-Ouest, les bancs calcaires subissent une torsion qui les oriente vers l'Est. On considérait jusqu'alors qu'ils étaient ensuite refoulés vers le Sud-Est, contournant ainsi les Monts Monet et Saint-Rigaud, composés de cornéennes appartenant à l'auréole de contact du granite de Beaujeu, et qu'ils restaient indemnes de tout métamorphisme granitique. Il n'en est rien; j'ai trouvé, en effet, un nouvel affleurement de ces bancs viséens à Foraminifères, en forêt, sur les pentes du Saint-Rigaud, au-dessus du hameau de Jolivet. Le calcaire n'y est plus intact, mais entièrement silicifié et devenu quartzite à grains très fins. Les empreintes de fossiles y sont conservées et j'ai reconnu, au microscope, des sections de Foraminifères du genre *Endothyra*.

Plus vers l'Est, sur l'allongement des couches, affleurent des poudingues à galets de calcaire encore reconnaissables, puis les mêmes poudingues de plus en plus métamorphisés, avec géodes tapissées d'actinote ou noyaux de cornes amphiboliques à la place des anciens galets calcaires (ravin des Scieries); et l'on aboutit ainsi à l'affleurement de diorite, connu depuis longtemps au sommet du Saint-Rigaud. La diorite y est, avec évidence, un faciès de métamorphisme du calcaire à Foraminifères.

Le granite de Beaujeu a donc profondément métamorphisé ce niveau viséen. Dès lors, les tufs du Culm, immédiatement supérieurs, pouvaient avoir également subi les effets du métamorphisme granitique. Ils forment un puissant amas de roches complexes et variées, originairement très cristallines, avec débris de quartz, de feldspath et de mica noir, dans une pâte pétrosiliceuse, dans lesquelles les phénomènes de contact sont difficiles à discerner. J'ai néanmoins trouvé des types où ces phénomènes ne peuvent être mis en doute : *tufs micacés* (avec mica noir polysynthétique), *tufs à cordiérite*, *tufs à andalousite*, avec schistes à plantes, tachetés, également à andalou-

site. Les plus beaux affleurements sont ceux de la route d'Ouroux à Vaux-Renard, de la descente du Monet à Chénelette, de la route de Claveisolles à Marchampt. *Ainsi les tufs du Culm, au moins à leur base, ont été, eux aussi, profondément métamorphisés par le granite.*

C'est à l'époque même où se produisaient ces refusions granitiques des tufs du Saint-Rigaud, que l'érosion mélangeait aux mêmes tufs, à environ 10^{km} vers le Sud, au col de La Croix Nicelle, les premiers galets du granite tournaisien, déjà dénudé et débarrassé de la couverture de dépôts sous laquelle il s'était formé. Cette couverture ne pouvait être que de faible épaisseur; et c'est là une preuve que le granite peut trouver les conditions nécessaires à sa formation à faible profondeur sous le sol. On remarquera d'ailleurs que le degré géothermique devait être fort élevé dans cette région où le volcanisme parvenait à son paroxysme avec les formidables éruptions de microgranulites et de porphyres pétrosiliceux de la fin du Viséen.

On peut voir, sur le flanc des vallées qui descendent vers la Saône, le flottement presque horizontal des schistes, poudingues et tufs du Culm sur le granite; la refusion granitique qui a atteint les tufs inférieurs du Culm (Viséen moyen) est vraisemblablement contemporaine de l'éruption des microgranulites qui occupent les sommets des Cévennes (Bois des Mollières, etc.), et se sont épanchées à la fin du Viséen.

GÉOLOGIE. — *Sur la terminaison orientale du synclinal de Mérens-Villefranche et le Glaciaire de Prades (Pyrénées-Orientales).* Note de M. **O. Mengel**, présentée par M. Pierre Termier.

La massif du Canigou est flanqué, au Sud et au Nord, de deux synclinaux de Dévonien, de composition stratigraphique à peu près identique et d'allure tectonique assez analogue. L'un et l'autre se terminent sensiblement vers l'Est à la hauteur du méridien de Prades. J'ai déjà signalé le chevauchement vers le Sud qui caractérise le premier, celui de Bellver-Camprodon, et j'indiquerai prochainement le passage de ce chevauchement à une nappe de Primaire sur Garumnien (Col de Boixeda à Camprodon). Quant au synclinal septentrional, dénommé *synclinal de Mérens-Villefranche*, c'est plutôt un faiseeau synclinal.

Le Gothlandien y présente trois affleurements principaux : l'un, au Nord, s'étend de la vallée de Galbe à Ria; un autre, des Horts de Serdinya à Villefranche, avec réap-

parition à l'Est du plateau d'Ambulla, et le troisième de la vallée de Galbe, où je l'ai trouvé très fossilifère (*Cardiola interrupta*), à Corneilla et jusque sur le sentier de Sirach aux mines. Au-dessus du Dévonien, le Tournaisien (lydiennes, calcaires à Polypiers calcaires, poudingues) et le Culm (grès et schistes micacés à végétaux avec minces lits calcaires) se montrent au plateau d'Ambulla suivant six affleurements. Le second, celui qu'on retrouve à Belloch, de l'autre côté de la cluse, présente la particularité de s'incurver vers le Sud au travers de la direction générale W.-E. des plis : c'est là déjà l'indice d'un chevauchement vers le Sud. Les bandes 2 et 4 sont formées de schistes en contact, au Sud, avec des calcaires et calcschistes dolomitisés passant au talc. Ces calcaires, en anticlinaux, ne sont autres (ainsi que permettent de l'affirmer les lydiennes encore visibles dans la zone talqueuse) que les calcaires gris qui surmontent avec les lydiennes les griottes rouges du Dévonien supérieur.

Tout ce faisceau synclinal, quoique en éventail à son extrémité orientale, est, dans son ensemble, déversé vers le Sud avec chevauchement sur un faisceau siluro-dévonien de nature pétrographique fort diffférente, le faisceau d'Escaro-Batère, qui renferme les gîtes ferrifères bien connus du Canigou. L'étude de la charnière de ce chevauchement m'a permis de me rendre compte du passage latéral progressif d'un faciès à l'autre et de fixer notamment jusqu'au Carbonifère inférieur les venues ferrifères et les éruptions de diabases dont j'ai constaté l'existence vers Corneilla; c'est, en effet, dans les griottes rouges qu'à Villefranche comme au Puig d'Alp, dans le synclinal de Bellver-Camprodon, on rencontre les filons manganésifères.

Le faisceau Mérens-Villefranche disparaît un peu à l'Ouest de Saint-Michel de Cuxac pour trois raisons : relèvement et étirement de l'axe du faisceau, disparition par érosion de la partie chevauchée, et enfin recouvrement par le Glaciaire de ce qui reste du pli axial, pli qu'on revoit d'ailleurs, vers Bouleternère, émergeant du Pliocène et du Quaternaire.

Glaciaire et Pliocène. — J'ai attribué au Pliocène et au Glaciaire (1) la plupart des terrains de transport qui ont remblayé la dépression de Vernet-Villefranche. L'existence du Glaciaire ayant été contestée à plusieurs reprises, je me suis mis à la recherche du criterium exigé.

Pensant que les énormes blocs de calcaires à Hippurites et à Orbitoïdes que j'ai signalés dans les ravins compris entre les vallées de Taurinya et de Corneilla pourraient être erratiques, c'est tout d'abord dans leur voisinage que j'ai recherché les *cailloux striés*, et j'ai eu la satisfaction de les y rencontrer. Connaissant la nature habituelle des cailloux striés de la région (schistes à pâte fine peu clivables), je les trouvai *en abondance* de la cote 600^m à la cote 760^m, et notamment au voisinage du sentier qui conduit de Sirach aux mines. Entre Escaro et Sahorre, les cailloux striés sont rares; néanmoins

---

(1) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 115, t. XVII, et *Bull. Soc. agr. sc. et litt. des Pyrénées-Orientales*, t. XLVII, 1907.

j'y ai vu quelques blocs d'aplites avec cannelures très nettes, ainsi que de nombreux cailloux quartzeux à forme cunéispatulée caractéristique du transport par les glaciers.

J'ajouterai que la topographie glaciaire s'observe dans la vallée de Casteil et que les vestiges d'un verrou glaciaire se voient au pont de Fulla. Si les traces du modelé glaciaire ne sont pas aussi nettes que dans le massif du Carlit, c'est qu'ici l'action des glaciers s'est exercée sur des dépôts pliocènes peu consistants, auxquels les érosions torrentielles ultérieures, qui ont donné les terrasses quaternaires de 50^m et de 10^m, ont enlevé le modelé primitif.

Les dépôts pliocènes, également à blocs, sont stratifiés; la colline qui sépare les vallées de Fulla et de Vernet en offre un bel exemple. Ils y plongent *au Sud*, en sens inverse du plongement normal qu'ils auraient dû prendre en raison de leur provenance; il y a là vraisemblablement un nouvel indice des mouvements post-pliocènes dont j'ai déjà parlé ([1]), mouvements auxquels je rapporte également les gondolements des assises pliocènes que révèlent les travaux actuels de la canalisation qui doit amener l'eau de Millas à Perpignan.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la présence du* Ginkgo biloba *L.* (Salisburya adiantifolia *Sm.*) *dans le Pliocène inférieur de Saint-Marcel-d'Ardèche.* Note de M. G. **Depape**, présentée par M. R. Zeiller.

Le *Ginkgo biloba* L. (*Salisburya adiantifolia* Sm.) a été signalé, sous le nom de *Salisburya adiantoides* Ung., par Massalongo dans le Miocène supérieur de Sinigaglia en Italie, par Heer dans le Tertiaire du Groenland, par Gardner et Ettingshausen dans l'Éocène d'Angleterre. Jusqu'ici on ne le connaît pas dans les gisements tertiaires de France.

Deux empreintes de feuilles trouvées à Saint-Marcel-d'Ardèche, dans les marnes d'âge plaisancien, ne laissent pas de doute sur l'existence du *Ginkgo biloba* L. en cette localité.

Le pétiole, conservé sur un échantillon et sur une longueur de 15^{mm}, est parcouru par une nervure saillante qui se divise à la base du limbe en deux faisceaux. Ces faisceaux suivent le bord inférieur de la feuille, et de chacun d'eux partent des nervures plusieurs fois dichotomes qui parcourent les deux ailes du limbe. La partie médiane offre des nervures qui paraissent

([1]) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 128, t. XXI.

naître immédiatement du faisceau pétiolaire. Ce sont là des caractères qui permettent de rapporter en toute sûreté ces empreintes au *Ginkgo biloba* L.

En 1887, l'abbé Boulay ([1]) a signalé dans le gisement pontien (Miocène supérieur) de Rochesauve, près de Privas, une empreinte rappelant l'*Adiantites senogalliensis* de Massalongo, mais appartenant peut-être, d'après lui, au genre *Ginkgo*. Cette empreinte est celle d'une feuille nettement orbiculaire; les nervures paraissent partir toutes de la base d'insertion du limbe sur le pétiole. Ce sont là des caractères qui nous font rapporter l'empreinte de Rochesauve à l'*Adiantum reniforme* L.

Le *Ginkgo biloba* L. est associé à Saint-Marcel à une flore très riche. Aux formes déjà connues de cette localité, parmi lesquelles dominent le *Sequoia sempervirens* Endl., le Platane, les Chênes et les Laurinées, nous pouvons ajouter : *Torreya nucifera* Sieb. et Zucc.; *Cupressus* sp. et *C. fastigiata* D. C.; *Pinus* sp. (fol. 3, sect. *taeda*); *Smilax mauritanica* Desf.; *Populus tremula* L.; *Fagus silvatica* L.; *Quercus drymeia* Ung. et *Q. ilex* L.; *Juglans regia* L.; *Carya minor* Sap. et Mar.; *Pterocarya caucasica* C.-A. Mey.; *Umus campestris* L.; *Persea indica* Spr.; *Apollonias canariensis* Nees; *Liriodendron Procaccinii* Ung.; *Berchemia multinervis* Heer; *Buxus sempervirens* L.; *Liquidambar europæum* A. Br.; *Punica Granatum* L.; *Pirus canescens* Sp.; *Robinia arvernensis* Laur.; *Diospyros Lotus* L.

La flore de Saint-Marcel-d'Ardèche réunit ainsi un grand nombre d'espèces qui lui sont communes avec les divers gisements tertiaires du Cantal, du Mont-Dore, de Meximieux et d'Italie.

VULCANOLOGIE. — *L'eau et les gaz magmatiques.* Note de MM. Arthur-L. Day et E.-S. Shepherd, présentée par M. A. Lacroix.

Deux tentatives sérieuses ont été faites dans ces dernières années pour établir une conclusion que la plupart des géologues paraissent peu disposés à accepter, à savoir qu'il n'existe pas d'eau d'origine magmatique parmi les gaz exhalés par les volcans actifs ([2]).

Il peut être intéressant de présenter brièvement à l'Académie les résultats préliminaires d'une étude des gaz volcaniques émanés du cratère du Kilauea pendant l'été de 1912; le but principal de ce travail était de

([1]) *Notice sur la flore tertiaire des environs de Privas (Ardèche)* (*Bull. Soc Bot. de France*, t. XXXIV, 1887).

([2]) William Lowthian Green, *Vestiges of the Molten Globe*, t. II, 1887. — A. Brun, *Recherches sur l'exhalaison volcanique*, 1911.

chercher à établir le caractère et les effets des réactions chimiques accompagnant l'activité volcanique. Il se trouve que les deux tentatives faites pour montrer que les émanations volcaniques sont anhydres sont principalement basées sur des observations faites dans ce même cratère.

Ces observations peuvent être brièvement résumées comme il suit : Green a remarqué que le cratère du Kilauea et que sa lave fluide paraissent souvent dégager des gaz en abondance, alors qu'on ne voit aucun nuage de vapeur au-dessus d'eux. M. Brun a constaté que le nuage, quand il existe, ne s'évapore pas dans l'air et ne produit aucun phénomène optique au soleil.

De plus, il n'a pu obtenir aucune condensation d'humidité dans des tubes de verre exposés à 100^m du point d'émergence du nuage volcanique. Enfin, il a observé qu'un hygromètre à point de rosée exposé à portée du nuage indiquait une quantité d'humidité moindre qu'à l'air libre tout près de là. Les citations ci-dessus sont suffisantes pour montrer le caractère des observations qui ont conduit à la conclusion que l'eau n'existe pas dans ces exhalaisons.

En considérant le problème à un point de vue théorique, il nous a paru qu'aucun de ces arguments n'était convaincant; ils peuvent servir à prouver que le nuage s'élevant du Kilauea ne consiste pas exclusivement en vapeur d'eau, mais il est très différent d'en conclure que le volcan n'émet pas de vapeur d'eau; il faut en effet noter que les mesures hygrométriques ont été faites dans une atmosphère non saturée et en outre que la température des gaz au moment de l'émission n'était pas éloignée de 1200° C. Or, ce dernier point nous a semblé d'une importance capitale dans toute tentative d'identification des gaz volcaniques, car presque toutes les analyses connues des gaz des roches volcaniques [1] mettent en évidence des produits gazeux, tels que CO ou H^2, qui subissent une transformation immédiate et perdent leur identité s'ils sont émis dans l'air à une température telle que 1200° C. Nous avons donc entrepris la tâche quelque peu hasardeuse d'aller jusqu'au fond du cratère lui-même et de récolter les gaz directement dans la lave liquide avant qu'elle ne soit entrée en contact avec l'air.

Une fontaine de lave s'élevait du fond du cratère à côté du lac de lave; elle s'était rapidement construit un conduit circulaire qui, par consolidation progressive, s'est

---

(1) ARMAND GAUTIER, *Comptes rendus*, t. **132**, 1901, p. 58; etc. (1902-1909). — R.-T. CHAMBERLIN, *The gazes in Rocks* (*Publications of the Carnegie Institution of Washington*, n° **106**, 1908).

transformé en une sorte de coupole. A ce moment, un réservoir à gaz idéal nous était fourni par le volcan lui-même; de grosses bulles de gaz se dégageant continuellement de cette coupole prouvaient, en effet, que celle-ci était bien remplie par la lave liquide. Des fentes étroites qui sillonnaient les parois de la lave consolidée, on pouvait voir pendant la nuit briller des flammes d'un bleu pâle, ce qui indiquait : 1° qu'il existait un excès de pression à l'intérieur de la coupole; 2° que les gaz s'échappant de la lave liquide entraient en contact avec l'air pour la première fois à leur sortie du dôme. A la première occasion favorable, nous avons inséré un tube métallique dans une de ces fentes derrière la flamme; ce tube était relié par un tuyautage d'environ 7^m à 8^m à une batterie de 20 tubes collecteurs, d'une capacité individuelle de $0^l,5$ et finalement à une pompe à piston d'une capacité de $2^l,5$ par coup. L'afflux violent de la lave dans la coupole put être non seulement entendu et vu pendant les 15 minutes durant lesquelles nous pompâmes le gaz, mais le choc en était aussi ressenti sous nos pieds. La température d'entrée des gaz dans les tubes était de 1000° C. environ.

Dès le premier coup de piston, l'eau commença à se condenser dans les tubes de verre en quantité considérable; cette eau permit de recueillir les halogènes et autres sels solubles dont M. Brun a affirmé la présence; les tubes purent être scellés et retirés du cratère sans accident. Quatre jours plus tard, les gaz de l'un d'eux (n° 3) furent analysés au Collège de Honolulu; on se contenta, avec ces moyens limités, de doser les gaz suivants : $SO^2 = 51,6$ pour 100; $CO^2 = 39,8$ pour 100; $CO = 5,5$ pour 100. Il n'a pas été possible de doser H^2 ni Az^2, mais un mélange de 1 : 1 du résidu du gaz avec l'air ne donna aucune explosion à l'essai.

Ce tube renfermait environ 50^{cm^3} d'eau, rendue laiteuse par du soufre libre; cette eau filtrée ne donna avec le nitrate d'argent acide aucune trace de chlore; elle ne renfermait pas de titane; les analyses des gaz fixes contenus dans cinq de ces tubes ont fourni les résultats suivants, quand à la fin de la campagne, à peu près un an plus tard, ils ont pu être analysés au Laboratoire de Géophysique de Washington.

Analyses des gaz fixes de Halemaumau (Kilauea) (proportions par volume).

	Tube 1.	Tube 2.	Tube 8.	Tube 11.	Tube 17.
CO^2	23,8	58,0	62,3	59,2	73,9
CO	5,6	3,9	3,5	4,6	4,0
H^2	7,2	6,7	7,5	7,0	10,2
Az^2	63,3	29,8	13,8	29,2	11,8
SO^2 (1)	//	1,5	12,8	//	//
Gaz rares	//	//	//	//	//
Hydrocarbures	//	//	//	//	//

(1) Tous les tubes contenant de l'eau, tout le SO^2 était passé en solution et s'était altéré avant que l'analyse finale ne fût faite.

Analyses de la matière contenue dans l'eau recueillie dans le tube.

	Tube 1.	Tube 2.	
	g	g	
Na^2O	0,0214	0,031	La majeure partie de ceux-ci peuvent provenir du tube de verre ou des cheveux de Pelée.
K^2O	0,0102	0,011	
CaO	0,0120	0,14	
Fe^2O^3, Al^2O^3	0,080	0,010	
Cl	0,220	0,206	
F	0,565	0,492	
AzH^3	0,0018	»	
TiO^2	0,005 (?)	»	
S total exprimé en SO^3.	0,480	0,508	

M. d'Arsonval présente un Mémoire de M. Landesque intitulé : *Recherches d'eau au moyen du pendule. Sondages effectués en Tunisie.*

(Renvoi à la Commission des Sourciers.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 3 novembre 1913.

Ministère de l'Instruction publique. *Mission du* Service géographique de l'Armée *pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences*, 1899-1906; Tome IX : *Zoologie*. Fasc. 4 : *Actinies*. — Tome X : *Entomologie. Botanique*. Fasc. 1 : *Hyménoptères. Orthoptères. Névroptères. Araignées.* Paris, Gauthier-Villars, 1910, 1912, 1913; 2 fasc. in-4°. (34 exemplaires adressés par M. le Ministre de l'Instruction publique.)

Institut de France. Académie des Sciences. *Jubilé de M.* Paul Sabatier, Membre non résident de l'Académie, Doyen de la Faculté des Sciences de Toulouse. *Discours prononcés.* Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

Cours de Géométrie de la Faculté des Sciences. *Leçons sur la théorie générale des surfaces et sur les applications géométriques du Calcul infinitésimal*, par Gaston Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences, Membre du Bureau des Longitudes; 1re Partie : *Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima;* 2e édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Minéralogie de la France et de ses Colonies. Description physique et chimique des minéraux, étude des conditions géologiques de leurs gisements, par A. Lacroix, Membre de l'Institut, Professeur de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle; t. V. Deuxième *Supplément* et *Index géographique*, dressé avec le concours du Colonel Azéma. Paris, Ch. Béranger, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notions fondamentales de Chimie organique, par Charles Moureu, Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie de l'Université de Paris; 4e édition, revue et mise au courant des derniers travaux. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Études de Lépidoptérologie comparée, par Charles Oberthür; fasc. IX, 1re partie. Rennes, impr. Oberthür, octobre 1913; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bouvier.)

Les Zoocécidies des plantes d'Europe et du bassin de la Méditerranée : Description des Galles, illustration, bibliographie détaillée, répartition géographique, index bibliographique, par C. Houard, Maître de Conférences à l'Université de Caen; 1567 figures dans le texte, 3 planches hors texte, 8 portraits; Tome III : *Supplément* 1909-1912, nos 6240 à 7556. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°.

L'Œuvre de Henri Poincaré (1854-1912) : *Le Philosophe*, par L. Brunschwig. *Le Mathématicien*, par J. Hadamard. *L'Astronome*, par A. Lebeuf. *Le Physicien*, par A. Langevin. (*Revue de Métaphysique et de Morale;* numéro spécial consacré à Henri Poincaré, septembre 1913.) Paris, Armand Colin; 1 fasc. in-8°.

Inauguration des monuments élevés à la mémoire de PHILIPPE THOMAS, *à Sfax, le 26 avril, et à Tunis, le 29 mai* 1913. (Extr. de la *Dépêche sfaxienne* et de la *Revue tunisienne.*) Moulins, Impr. régionale, 1913; 1 fasc. in-8°.

Observatoire national astronomique, chronométrique, météorologique de Besançon. XXVI[e] *Bulletin chronométrique, année* 1911-1912, publié par M. A. LEBEUF, Directeur de l'Observatoire. Besançon, J. Millot et C[ie], 1913; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 10 NOVEMBRE 1913.

The celebration of the two hundred and fiftieth anniversary of the Royal Society of London, July 15-19, 1912. Londres, 1913; 1 vol. in-4°. (Hommage de la Société Royale de Londres.)

Cours de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. *Théorie des nombres*, par E. CAHEN. Tome I : *Le premier degré.* Paris, A. Hermann et fils, 1914; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. J. Hadamard.)

Études minéralogiques sur l'Indo-Chine française : Minéraux, minerais, gisements. Eaux et limons. Industrie minérale indigène, statistique, par GASTON DUPOUY; 2 cartes hors texte. Paris, Émile Larose, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lacroix.)

Bulletin de l'Académie malgache; t. X, année 1912. Tananarive, Imprimerie officielle de la Colonie, 1913; 1 vol. in-8°.

Prophylaxie du paludisme dans l'Afrique orientale allemande, par LAURENT MOREAU, Médecin de la Marine à bord du *Gaulois*, Toulon. (Extr. du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*, t. VI, n° 8, 1913.) Paris, Masson et C[ie]; 1 fasc. in-8°.

Les luxations trapézo-métacarpiennes, par JULES REGNAULT. (Extr. des *Archives générales de Chirurgie.*) Tours, E. Arnault et C[ie]; 1 fasc. in-8°.

Contributions à l'étude des Scrophulariacées : I. Sur un « Pedicularis » de la série des « Comosæ » originaire du Caucase, par G. BONATI. (Extr. du *Bull. de la Soc. bot. de Genève;* 2[e] série, t. V, 1913.) 1 fasc. in-8°.

Monographie der Grylliden von Formosa, mit der Uebersicht der japanischen Arten, von T. SHIRAKI. Taihoku, Gouvernement général de Formose, 1911; 1 vol. in-8°.

Acrididen Japans, von T. SHIRAKI. Tokyo, 1910; 1 vol. in-8°.

La irrigación del valle de Ica, por C.-W. SUTTON. (*Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú;* n° 79.) Lima, 1913; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société physico-mathématique de Kasan; 2[e] série, t. XIX, n° 1. Kasan, 1913; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 3 novembre 1913.)

Note de M. *Gessard*, Des sels dans la coagulation du sang :

Page 802, ligne 16, *au lieu de* $MgSO^4, 7\,aq$, *lire* $MgCl^2, 6\,aq$.

Note de M. *Vlès*, Sur l'absorption des rayons visibles par le sang de Poulpe :

Page 805, Tableau II (colonne T), 3e ligne, *au lieu de* 73, *lire* 63.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 NOVEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente une plaquette en argent qui a été offerte, à l'occasion de son Jubilé, à M. *Sabatier*, Membre non résident.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation de la thuyone et de l'isothuyone par l'intermédiaire de l'amidure de sodium.* Note de M. **A. Haller.**

A la suite de très nombreuses recherches sur ces deux cétones, il semble que les auteurs soient actuellement d'accord pour leur attribuer les formules de constitution suivantes :

```
                                  CH³— CH.CH³
     CH³— CH.CH³                       |
           |                           CH
   H²C / \ CH²               H³C — C / \ CH²
   HC \ / CO                 H³C — C ——— CO
       CH.CH³

      Thuyone.                   Isothuyone.
```

S'il en est ainsi, la thuyone doit pouvoir être alcoylée trois fois et l'isothuyone deux fois. L'expérience a en effet montré qu'on pouvait obtenir des trialcoylthuyones. Pour l'isothuyone, une production intense de goudrons et de produits de condensation (55 pour 100) ainsi qu'une résistance à l'alcoylation n'ont permis que la préparation d'une monoallylisothuyone et d'un dérivé diméthylé.

Alcoylation de la thuyone. — Les conditions de cette alcoylation sont les

mêmes que celles qui nous ont permis de préparer les monoalcoylthuyones [1].

Une solution de thuyone dans l'éther anhydre est additionnée de la quantité théorique d'amidure pulvérisé et, après départ de la presque totalité de l'ammoniaque, traitée par l'iodure alcoolique. On chauffe le mélange à l'ébullition jusqu'à ce qu'une portion du liquide étendu d'eau ne présente plus de réaction alcaline. Le liquide est ensuite lavé à l'eau, desséché et distillé. Les produits recueillis sont toujours constitués par des mélanges de la cétone primitive et de son dérivé monoalcoylé. Le tout est redissous dans de l'éther anhydre, ou mieux dans du benzène ou du toluène, et soumis à nouveau à l'action de l'amidure de sodium et de l'iodure alcoolique. Cette seconde opération permet généralement d'obtenir une notable quantité de dérivé dialcoylé. Pour obtenir le produit trisubstitué, on part de ce dernier qu'on soumet à une trialcoylation dans les mêmes conditions, au sein du toluène ou du xylène.

Disons tout de suite que, s'il a été possible de préparer une diméthylthuyone, toutes les tentatives ont échoué pour isoler un dérivé triméthylé. Nous avons cependant réussi à produire une triallylthuyone.

Diméthylthuyone $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C(CH^3)^2\\ |\\ CO\end{array}\right.$. — Effectuée en deux fois sur 152^g de thuyone, cette diméthylation a fourni 171^g de produit, soit un rendement de 95 pour 100. Ce dérivé se présente sous la forme d'un liquide incolore, bouillant de 92° à 94° sous 12^{mm} : $d_4^{15} = 0,916$; $[\alpha] = -19°45'$.

La diméthylthuyone ne se combine pas à l'hydroxylamine, même quand on la chauffe à 200°, en tubes scellés avec le sel de Crismer.

L'amidure de sodium semble avoir une action dédoublante sur ce dérivé quand on porte le mélange à 208°, en tubes scellés. On obtient, à côté de la diméthylthuyone inaltérée, un produit azoté soluble dans l'acide sulfurique et sur lequel nous nous proposons de revenir.

Diallylthuyone $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C(C^3H^5)^2\\ |\\ CO\end{array}\right.$. — On commence par préparer le dérivé monoallylé déjà décrit et qu'on obtient avec un rendement de 80 pour 100. Ce dérivé est ensuite allylé une seconde fois au sein du toluène.

100^g de monoallylthuyone traités par 20^g d'amidure et 87^g d'iodure d'allyle ont ainsi donné : 33^g d'un mélange de mono et de diallylthuyone passant de 128° à 154° sous 18^{mm}, 40^g de diallylthuyone et 32^g de goudron.

Liquide incolore bouillant à 147°,5-148°,5 sous 18^{mm} (corr.) : $d_4^{20} = 0,9352$; $n_D^{20} = 1,4850$; RM trouvée 71,10 ; calculée 70,94.

(1) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1626.

Triallylthuyone $C^{19}H^{28}O$. — L'opération se fait au sein du xylène en partant de la diallylthuyone. L'addition d'amidure provoque un assez vif dégagement d'ammoniac et le liquide noircit. L'iodure d'allyle réagit mal à froid, mais à chaud l'allylation se produit et la coloration s'atténue considérablement. Pour que la réaction soit complète, il faut chauffer le mélange à la température d'ébullition du xylène.

40g de diallylthuyone, traités par 7g d'amidure et 27g d'iodure d'allyle, ont ainsi donné :

22g d'un mélange passant entre 146° et 170° sous 21mm.

7g d'un produit distillant entre 170° et 172° et 7g de goudron.

Le produit passant entre 170°-172° est de la triallylthuyone. C'est un liquide visqueux bouillant à 173°-175° (corr.) sous 21mm, dont la densité $d_4^{20} = 0,9467$, $n_D^{20} = 1,5016$, d'où RM = 84,72, alors que la théorie donne RM = 84,36.

Alcoylation de l'isothuyone. — La formule attribuée à l'isothuyone par Semmler implique la possibilité pour cette molécule d'échanger 2at d'hydrogène contre deux radicaux alcooliques.

Cette substitution ne se fait cependant pas sans difficulté, en raison de la formation de produits de condensation.

Diméthylisothuyone $C^{12}H^{20}O$. — La méthylation a été faite en deux fois, au sein de l'éther, suivant le mode habituel. On a isolé un liquide bouillant à 120°-122° (corr.) sous 19mm, dont la composition répond à celle de l'isothuyone diméthylée.

Traitée au sein du xylène bouillant par l'amidure de sodium, ce dérivé n'a pas fourni d'amide, mais une faible quantité d'un produit soluble dans l'acide sulfurique étendu.

Allylisothuyone $C^{13}H^{20}O$. — L'allylation de l'isothuyone s'effectue dans des conditions très mauvaises et avec des rendements dérisoires.

50g d'isothuyone à 96 pour 100 (les 4 pour 100 étant de la thuyone non isomérisée) ont été traités par 13g d'amidure de sodium au sein de l'éther. A froid, la réaction est lente. On chauffe jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'ammoniac, ce qui se produit au bout de 6 heures environ. Au contact de l'amidure le liquide devient rouge. L'iodure d'allyle (55g) ne réagit qu'incomplètement à froid et, pour parfaire l'alcoylation, on chauffe à l'ébullition pendant 4 heures.

Au fractionnement on a obtenu 23g de liquide passant de 118° à 160° sous 18mm et 23g de goudron et de produits de condensation.

Une rectification méthodique a permis d'isoler finalement 5^g d'un composé visqueux passant à 142°-144° sous 18^{mm} et que l'analyse a démontré être de la *monoallylisothuyone*. Les constantes de ce corps sont les suivantes : Point d'ébullition 144°-146° (corr.) sous 18^{mm}; $d_4^{20} = 0,9280$; $n_D^{20} = 1,4930$; RM trouvée 60,13; RM théorique 58,94; diff. + 1,09.

Les recherches qui précèdent montrent : 1° que la méthylation de la thuyone s'arrête au produit disubstitué, cette cétone se comportant tout comme la menthone qui, elle aussi, n'a pu être triméthylée; 2° que l'allylation de la même thuyone peut être poussée jusqu'au dérivé trisubstitué, propriété que possède également la menthone; 3° que l'isothuyone, bien que donnant lieu à la formation de diméthyl- et de monoallylisothuyone, forme surtout des produits de condensation qui abaissent singulièrement les rendements en dérivés alcoylés.

Quoi qu'il en soit, de l'ensemble de ces recherches nous sommes autorisé à conclure que la thuyone renferme bien le complexe $-\overset{|}{C}H-CO-CH^2$, puisqu'on peut remplacer 3^{at} d'hydrogène par trois radicaux allyle, tandis que l'isothuyone contient le groupement $-\overset{\|}{C}-COCH^2$, puisqu'on ne réussit qu'à y substituer deux méthyles à 2^{at} d'hydrogène.

Je tiens à remercier M. Cornubert, mon préparateur, pour l'aide intelligente qu'il m'a apportée dans l'exécution de ce travail.

CHIMIE AGRICOLE. — *Contribution à l'étude des argiles.* Note (¹) de MM. A. MÜNTZ et H. GAUDECHON.

Dans un travail antérieur (*Comptes rendus*, t. 149, p. 377), nous avons montré qu'on pouvait utiliser la mesure des effets thermiques observés lorsqu'on immerge dans l'eau les divers composants du sol, en particulier les argiles, pour se rendre compte, dans une certaine mesure, de la finesse des particules qui les constituent. Cette méthode ne permet pas d'établir un classement, même artificiel, entre les proportions relatives des particules plus ou moins fines constituant les argiles.

Les procédés divers utilisés pour ce genre de recherches, basés sur la sédimentation, s'appliquent en général aux constituants des sols; notre méthode utilise aussi la sédimentation; elle s'applique uniquement aux parties les plus fines. Certains

(¹) Reçue dans la séance du 17 novembre 1913.

auteurs ont préconisé l'emploi de la vitesse de formation des dépôts; d'autres ont étudié la répartition des particules dans un temps donné, à diverses hauteurs, dans une suspension rendue homogène à l'origine. Nous avons repris ces procédés et nous sommes arrivés à cette conclusion que, telles qu'elles sont appliquées, les méthodes par sédimentation ne permettaient pas d'établir de distinction certaine entre les dimensions des divers éléments physiques constituant une argile; qu'en particulier, la concentration en particules des diverses suspensions étudiées était un facteur très important dans ce genre d'études et que, jusqu'ici, on n'avait pas suffisamment tenu compte de la nécessité d'opérer dans des conditions parfaitement déterminées et comparables, à ce point de vue, peut-être parce qu'on a pensé à tort que les argiles se comportaient comme des sables.

Pour produire la sédimentation, nous avons utilisé soit l'action de la gravité seule sur des suspensions d'argile placées dans des conditions définies, soit l'action combinée de la gravité et d'un champ électrique utilisant le phénomène du transport électrique ou cataphorèse.

Dans l'emploi de l'action de la gravité seule sur les suspensions, pour établir une distinction entre les grosseurs relatives des diverses particules, nous avons admis, comme on le fait habituellement, qu'étant donnée une suspension homogène à l'origine, qu'on abandonne au repos, constituée par des éléments de dimensions et de formes variées, sensiblement de même densité, mais surtout différenciées par le rapport de leur surface à leur masse, les plus grosses particules, c'est-à-dire celles pour lesquelles ce rapport est le plus petit, tombent le plus vite, et qu'au contraire les plus fines particules, pour lesquelles ce rapport est le plus grand, tombent le plus lentement.

Méthode expérimentale. Action de la gravité seule. — Dans l'application d'une méthode aussi artificielle, il est nécessaire de définir exactement les conditions expérimentales. Les suspensions de concentration connue étaient versées dans des éprouvettes graduées à pied de 1^l, aussi semblables que possible, hautes d'environ $0^m,30$ jusqu'au trait 1000, et d'un diamètre voisin de $6^{cm},5$. On les maintenait dans une pièce à température peu variable, évitant l'irradiation latérale et toute variation locale de température susceptible de produire des mouvements de convection au sein du liquide; après agitation, on les abandonnait au repos pendant des temps déterminés, puis on siphonnait des fractions délimitées sur toute la hauteur de l'éprouvette. On déterminait l'argile restée en suspension en la coagulant par l'acide azotique et, une fois déposée, on la recueillait sur double filtre taré qu'on séchait à 100°-110°. On déduisait la quantité d'argile déposée sur le fond par différence.

Nous avons examiné quelle était l'influence de la température sur la vitesse de dépôt des particules d'une même suspension portée à des températures de 0°, 10°, 20°, 30°, 40° et 50° C., et nous avons constaté que la vitesse de dépôt est peu modifiée sous l'influence de ce facteur, malgré la variation de la tension superficielle et surtout de la viscosité de l'eau avec la température. Il résulte de nos essais que ces variations, pas plus que celles résultant de l'agitation thermique, mouvement brownien, n'ont d'effet très sensible sur les suspensions étudiées, du moins quand la durée ne dépasse pas 48 heures.

Pour nous rendre compte du parti qu'on peut tirer de la méthode qui consiste à déterminer la quantité d'argile restante ou disparue dans les diverses fractions d'une même suspension abandonnée au repos dans des conditions identiques, pendant de temps variables, nous avons préparé une suspension d'argile contenant 0g,120 par litre, et nous avons examiné la quantité disparue au bout des temps indiqués dans les quatre fractions de 250cm³ formant le litre; le dépôt était déterminé par différence. La fraction 1 représente les 250cm³ supérieurs, les fractions 2, 3 et 4 celles qui la suivent en allant vers le fond. Les résultats expriment, en pour 100 de l'argile contenue dans la totalité du litre de la suspension à l'origine, les quantités d'argiles disparues de chacune des quatre fractions et apparues dans le dépôt. Le temps est exprimé en heures; le signe + indique l'augmentation de la teneur en argile.

Fractions.	1h.	2h.	4h.	6h.	12h.	24h.	36h.	48h.	96h.	144h.
1........	2	3	4	4	6	12	15	17	20	21
2........	2	2	4	5	5	7	8	9	13	17
3........	1	2	4	4	5	4	5	7	15	13
4........	+5	2	4	5	5	2	2	3	4	14
Dépôt....	0	9	16	18	21	25	30	36	52	65

Avec cette façon de représenter les résultats, on conçoit que, pour avoir la quantité restant en suspension dans chaque fraction, au bout du temps indiqué, il suffit de retrancher de 25 le nombre figurant au Tableau.

L'examen de ce Tableau montre que c'est de la considération de la fraction 1 et du dépôt qu'on peut tirer des indications intéressantes. C'est la première qui, de toutes, a perdu le plus de particules à la fin de l'expérience, soit les 84 pour 100 de l'argile existant en suspension à l'origine. L'accroissement du dépôt représente l'apport variable et inconnu des particules de plus en plus fines provenant des fractions superposées, aussi les indications fournies par le dépôt ne valent pas celles de la fraction 1. Si l'on considère, par exemple, la colonne relative à la première heure, on voit que, bien que des particules aient disparu dans les fractions 1, 2 et 3, au bout de ce temps, il n'en a pas apparu dans le dépôt, la fraction 4, de 250cm³ de volume, a constitué une barrière entravant la chute des particules sur le fond, et ce qui est tout à fait digne de remarque, c'est que l'apport des particules des fractions 1, 2 et 3 dans la fraction 4 a eu pour effet d'entraver le dépôt des particules de cette fraction, qui auraient dû participer au mouvement général. Ces faits nous paraissent justifier la préférence que nous accordons à l'étude seule de cette fraction supérieure qui, de toutes, subit les moindres perturbations.

Si l'on définit vitesse moyenne de dépôt des particules la quantité qui disparaît en 1 heure de la première fraction, pendant un intervalle de temps déterminé, les résultats précédents conduisent aux nombres qui suivent pour l'expression des vitesses de dépôt pendant les intervalles de temps indiqués : les vitesses étant exprimées en unités arbitraires, la vitesse pendant la première heure étant choisie égale à 100:

Période des temps.....	1h.	2h.	4h.	6h.	12h.	24h.	36h.	48h.	96h.	144h.
Fraction 1..........	100	50	25	»	»	25	12,5	8,3	3,1	1

On voit ainsi que la vitesse a passé de 100 à 1 entre la première heure et le sixième

jour, et l'on conçoit que la façon dont cette vitesse varie, soit caractéristique dans une certaine mesure de l'échantillon examiné et que la méthode soit susceptible d'être utilisée pour différencier entre elles des argiles d'origines diverses.

Transport électrique. — On sait que si des particules plus ou moins fines sont en suspension dans un liquide non électrolyte et qu'on établit au moyen d'électrodes un champ électrique dans cette suspension, il se produit un transport de particules vers l'anode ou la cathode, suivant leur nature; ce transport ou cataphorèse dépend de l'intensité du champ.

Nous nous sommes demandé le parti qu'on pourrait tirer de cette propriété pour l'étude des suspensions d'argiles; en particulier, si l'on pourrait l'utiliser pour établir une distinction entre les particules de dimensions différentes, bien qu'on admette généralement que, pour un champ donné, la vitesse de transport est indépendante des dimensions relatives des particules en suspension.

La question, qui a le plus retenu notre attention, est celle de l'influence des dimensions des particules sur la vitesse de transport sous une tension unique; la solution de cette question était nécessaire pour savoir le parti qu'on pourrait tirer de la méthode. Ayant préparé quatre suspensions contenant des particules de dimensions différentes, nous les avons soumises simultanément à l'action de la gravité seule, dans une série de quatre éprouvettes et à l'action combinée de la gravité et d'un champ électrique dans une série de quatre autres éprouvettes sous un champ de 100 volts: l'intensité du courant mesuré dans chaque éprouvette étant de 0,0006 ampère; la durée de l'expérience étant de 3 heures.

Les résultats qui suivent expriment la quantité pour 100 de l'argile totale initiale, celle restée en suspension après ce temps. G se rapporte à la gravité seule; G + E à la gravité plus le champ électrique.

	A l'origine.	Susp. A. G.	Susp. A. G+E.	Susp. B. G.	Susp. B. G+E.	Snsp. C. G.	Snsp. C. G+E.	Susp. D. G.	Susp. D. G+E.
Fract $1 = 350^{cm^3}$ supérieure	35	35	20	32,5	25	32,5	22,5	30	25
Fract $2 = 650^{cm^3}$ inférieure	65	65	65	67,5	75	65,0	67,5	62,5	65
Dépôt	0	0	15	0	0	2,5	10	7,5	10

Ces résultats montrent que c'est la suspension A la plus fine, la plus stable sous l'action de la gravité, qui a déposé le plus sous l'influence du champ électrique.

Pour comparer les vitesses moyennes de transport des particules sous l'influence de l'électrité seule, on peut admettre que, dans une certaine mesure, les deux actions, champ électrique et gravité, agissent indépendamment l'un de l'autre, c'est-à-dire que le champ électrique et la gravité ajoutent leurs effets, c'est là une hypothèse très vraisemblable; sous cette réserve, il suffit, pour avoir la vitesse de transport électrique, de déduire de la quantité d'argile transportée, sous l'action combinée de l'électricité et de la gravité, la quantité transportée dans les mêmes conditions par la gravité seule et de rapporter cette quantité à l'heure choisie comme unité de temps. En opérant ainsi, on arrive aux résultats suivants pour la vitesse moyenne à l'heure, c'est-à-dire les

qualités d'argiles transportées par le champ électrique seul :

	A.	B.	C.	D.
Première fraction..	$\frac{15}{3}=5$	$\frac{7,5}{3}=2,5$	$\frac{10}{3}=3,3$	$\frac{5}{3}=1,6$
Dépôt...........	$\frac{15}{3}=5$	zéro	$\frac{7,5}{3}=2,5$	$\frac{2,5}{3}=0,8$

On voit que c'est pour la suspension contenant les particules les plus fines A, que la vitesse de transport électrique est la plus grande, et pour la suspension D, contenant les particules les plus grossières, qu'elle est la plus petite, qu'on s'en rapporte aux résultats fournis par la première fraction ou à la formation du dépôt.

Il en résulte que le mécanisme du transport électrique est différent de celui du transport par la gravité. Dans le cas de la gravité, ce sont les particules les plus grosses qui tombent le plus vite; la vitesse de chute dépend de la masse des particules, elle est d'autant plus ralentie que leur masse est plus petite et que le rapport de leur surface à leur volume est plus grand. Au contraire, dans l'action du champ électrique, ce sont les particules les plus fines, offrant une plus grande surface à masse égale, qui tombent le plus vite; il ne semble pas que ce fait soit généralement admis.

L'entraînement plus rapide des particules les plus fines sous l'influence du champ électrique peut s'interpréter, en admettant que le champ agit proportionnellement à la surface des particules recouvertes d'une couche d'électricité; elle peut résulter aussi du fait que, pour une concentration constante, plus les particules sont fines, plus elles sont nombreuses, plus serrées et qu'elles s'entraînent mutuellement, et se collent dans leur mouvement.

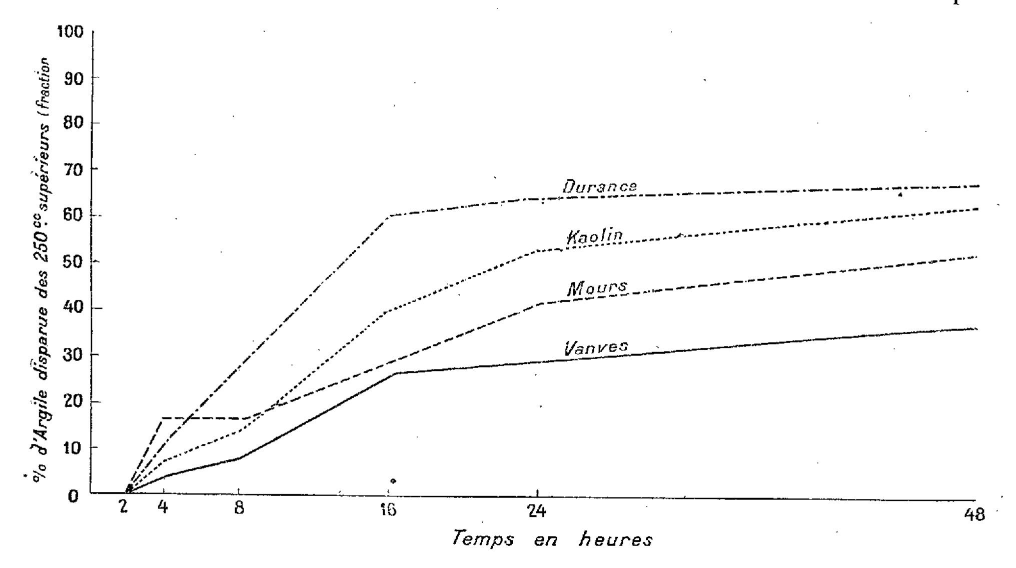
L'action du champ électrique produisant sur les particules un effet inverse de celui de la gravité, on ne peut pas utiliser l'action combinée des deux forces pour différencier les argiles.

Nous rapporterons, à titre d'application de la méthode basée sur l'influence de la gravité seule, les résultats obtenus dans l'étude comparée de quatre argiles d'origines différentes; il s'agit toujours, bien entendu, de l'argile obtenue par la méthode Schlœsing. On a préparé, avec ces argiles, quatre suspensions de concentration égale contenant $0^g,100$ d'argile au litre, et l'on a déterminé la quantité d'argile restante ou disparue de la fraction supérieure de 250^{cm^3} après les avoir abandonnées pendant les temps indiqués dans des éprouvettes à pied de 1^l comme il a été dit.

Les résultats expriment la quantité d'argile pour 100 disparue de cette fraction par rapport à celle qui y existait à l'origine :

	Temps.						
Origine des argiles.	Origine.	2^h.	4^h.	8^h.	16^h.	24^h.	48^h.
Vanves................	0	0	4	7	26	30	37
Mours................	0	0	16	16	26	42	53
Kaolin................	0	0	7	13	40	53	63
Durance..............	0	0	11	28	60	64	68

La simple inspection de ce Tableau montre combien, à ce point de vue, ces quatre types d'argiles sont différenciés. Après 48 heures, il y a 37 pour 100 des particules disparues pour l'argile de Vanves et 68 pour 100 pour l'argile des limons de la Durance. La façon dont se fait cette disparition est également caractéristique pour chacune. La traduction des résultats sous forme de courbes rend ces différences plus



frappantes. Les courbes sont construites en portant les temps en abscisses et, en ordonnées la quantité d'argile déposée. Plus les courbes sont discontinues, plus l'argile est de constitution physique hétérogène, plus les particules sont différenciées.

On conçoit qu'on puisse établir une classification purement artificielle des argiles en comparant pour chacune la quantité déposée ou disparue de la suspension après des périodes de temps arbitrairement choisies. Par exemple, on peut définir gros éléments (G) ceux qui se déposent en 4 heures; éléments moyens (M) en 16 heures; éléments fins (F) en 48 heures, éléments ultra-fins (UF) ceux qui restent en suspension au delà de 48 heures. Avec ces conventions, 100 des particules de ces quatre argiles se répartiraient de la façon suivante:

	G.	M.	F.	UF.
Vanves........................	4	22	11	63
Mours........................	16	10	27	47
Kaolin........................	7	33	23	37
Durance........................	11	49	8	32

Signalons enfin que nous avons pu contrôler sur ces argiles la validité de nos conclusions relatives au transport électrique. La colonne UF ci-dessus indique que l'argile de Vanves est celle qui contient le plus des éléments les plus fins et que c'est l'argile de la Durance qui en contient le moins. En soumettant à l'action d'une tension uniforme de 100 volts, pendant 2 heures, les mêmes suspensions que celles utilisées

ci-dessus, nous avons déterminé la quantité, pour 100 d'argile disparue dans les 250^{cm^3} supérieurs, après ce temps et nous avons obtenu les résultats qui suivent :

Vanves 82 pour 100; Mours 58 pour 100; Kaolin 47 pour 100; Durance 47 pour 100, qui montrent que c'est pour l'argile contenant les plus fines particules que le transport a été le plus rapide.

On voit ainsi combien cette méthode de fractionnement par la gravité différencie les argiles définies sous un nom unique par la méthode Schlœsing, et les services qu'elle peut rendre quand il devient nécessaire de pousser d'une façon plus approfondie l'étude des éléments les plus fins des sols.

ZOOLOGIE. — *Sur la protection internationale de la Nature.* Note de M. **Edmond Perrier**.

J'ai l'honneur d'annoncer à l'Académie que, conformément au vœu, récemment émis par elle à l'unanimité, que le Gouvernement étudie les moyens d'empêcher sur nos côtes tropicales la destruction des Cétacés, une Commission a été constituée par le Ministère des Colonies pour lui proposer les mesures à prendre. Mais l'œuvre de destruction qu'il s'agit d'arrêter ne porte pas seulement sur les Cétacés. Les moyens de locomotion qui ont permis à l'homme de pénétrer jusque dans les régions du globe réputées les plus inaccessibles, les moyens de destruction dont il dispose, un appât immodéré du gain ont rendu imminente la disparition d'un grand nombre d'espèces, les uns de grande taille, comme l'Éléphant, le Rhinocéros d'Afrique, certaines Antilopes, etc. Les Girafes et les Hippopotames sont eux-mêmes menacés. La mode s'en est mêlée et les appels qui ont été faits de toutes parts au bon cœur des femmes n'ont arrêté ni la destruction des Aigrettes, ni celle de Oiseaux de paradis. On aura une idée de l'urgence des mesures à prendre, rien qu'en rapprochant le nombre de ces derniers qui se balancent sur les chapeaux féminins ou s'étalent aux vitrines des magasins, de l'étendue de la Nouvelle-Guinée et des îles Salomon où ils sont strictement confinés. Cette étendue ne dépasse pas celle de l'Angleterre.

Devant cette menace de destruction de tant d'espèces, qui sont de véritables documents scientifiques, en même temps que l'ornement de la Terre que nous n'avons pas le droit de dépeupler, au détriment de ceux qui viendront après nous, sur l'initiative de M. Paul Sarrasin et du Gouverment helvétique, une conférence vient de se réunir à Berne et elle a créé une Commission

internationale dont le siège permanent sera en pays neutre, à Bâle, et qui sera chargée de prendre toutes les initiatives que la situation comporte.

On a été récemment jusqu'à proposer la destruction des grands animaux d'Afrique sous couvert d'un intérêt hygiénique, parce qu'ils pourraient être des réservoirs de trypanosomes. Mais les hommes ou les animaux domestiques sont tout aussi bien pour les parasites des réservoirs qui se substitueraient rapidement aux animaux sauvages si un seul, parmi ceux de ces derniers qui sont contaminés, venait à s'échapper, et tout serait à recommencer. Ce sont les Mouches qu'il faut rendre inoffensives et M. Roubaud en a donné le moyen, et des remèdes ou des vaccins qu'il faut trouver contre les trypanosomiases. L'Institut Pasteur est là pour cela, et il serait le premier à souffrir de la destruction des grands Singes.

ASTRONOMIE. — *Remarques sur la Communication de MM.* A. Claude *et* L. Driencourt *concernant un nouveau « micromètre impersonnel à coïncidence »*. Note de M. **A. Verschaffel.**

Dans les alinéas qui précèdent la description et le mode d'emploi du nouvel appareil dont les inventeurs ont entretenu l'Académie des Sciences dans la séance du 20 octobre dernier (la Communication a été insérée dans les *Comptes rendus* du 27 octobre), ils critiquent avec quelque injustice tous les chronographes existants à ce jour et soutiennent qu'il est douteux que l'introduction de l'usage des chronographes dans l'observation des passages d'étoiles constitue un progrès. Tous les chronographes fonctionnent mal, puisqu'ils sont à électros, surtout le dernier venu des chronographes, le *chronographe imprimant;* celui-ci constitue un recul.

De la critique des chronographes ils passent à la critique du *micromètre impersonnel à fil entraîné*. La critique est faite en un mot : ce micromètre est tributaire d'un chronographe; donc il ne saurait être bon.

Concédons sans discussion que les chronographes sont des instruments imparfaits. Admettons que le *chronographe imprimant* est le plus imparfait de son espèce et voyons quelle erreur probable entraîne son fonctionnement défectueux. Pour cela, après avoir réglé la marche du chronographe au moyen d'un bon régulateur, abandonnons le chronographe à lui-même dans sa marche. Prenons un dispositif au moyen duquel le chronographe se compare automatiquement avec la pendule directrice. Celle-ci, toutes les 10 ou 15 secondes, envoie un courant dans le chronographe imprimant

comme serait le courant envoyé par un observateur, à cette différence près que le courant envoyé par la pendule passe par deux contacts de plus que le courant envoyé par l'observateur, condition désavantageuse.

L'erreur probable commise par le fonctionnement de l'appareil dans un enregistrement est inférieure à $\pm 0^s,0035$. L'erreur est accidentelle.

Si l'on observe un passage d'étoile avec dix enregistrements, l'erreur probable entraînée par le fonctionnement de l'appareil sur la moyenne des dix enregistrements sera inférieure à $0^s,0011$ $(\frac{11}{10000})$.

Je dis de plus qu'il n'est pas difficile de se procurer des chronographes qui donnent ce rendement.

Je ne prendrai pas la peine de prouver par les faits que l'emploi des chronographes donne aux observations de passage plus de précision et que les observations se font plus facilement. Il est reconnu encore que si l'enregistrement des passages avec des chronographes ne supprime pas l'équation personnelle, il la diminue considérablement.

Ce que j'ai voulu principalement, en citant les résultats fournis par les chronographes, c'est montrer que le fait du micromètre impersonnel à fil entraîné, d'être tributaire d'un chronographe, ne saurait constituer un motif suffisant pour le condamner *a priori*.

L'examen du micromètre impersonnel à fil entraîné permet de conclure à une seule cause d'équation personnelle : la bissection de l'image par le fil, bissection qui se fait sur une image à très peu près aussi tranquille que peut être une image d'étoile dans une lunette.

L'analyse du nouveau micromètre impersonnel et le mode d'emploi qu'en indiquent les inventeurs nous force à conclure à l'existence de plusieurs causes d'équation personnelle :

1° La bissection de l'image, non d'une image au repos, par un fil qu'on peut placer à volonté et avec attention et contrôle, mais d'une image traversant le champ avec toute la vitesse propre à sa déclinaison. Il est vrai qu'une fois sur deux on pourra rapidement corriger un premier pointé, mais un peu au hasard, la rapidité de la marche de la plupart des étoiles ne permettant pas de les suivre avec sûreté;

2° Il y aura une équation personnelle provenant de la persistance de l'impression lumineuse dans l'œil : équation physiologique;

3° Il y aura une équation personnelle provenant de la perception auditive : encore une équation physiologique;

4° Une équation psycho-physiologique venant de la difficulté de superposer la perception par deux sens : la vue et l'ouïe;

Enfin, est-on bien sûr que l'équation rythmique n'interviendra à aucun degré?

Si nous considérons les erreurs accidentelles qu'on est exposé à commettre avec le *micromètre impersonnel à fil entraîné* et avec le micromètre à coïncidence, il est évident qu'avec le premier on fait plusieurs pointés dont chacun est plus facile à faire que le seul pointé fait avec le second. Le seul pointé fait avec le nouveau micromètre sera fait sur un fil moins bien connu à cause de l'articulation du porte-fils et il sera affecté par les réfractions irrégulières sans espoir de compensation, espoir qu'on a légitimement avec des pointés multiples. Il y aurait lieu, sans doute, de faire remarquer que la méthode d'emploi du nouveau micromètre donnera une importance particulière au défaut d'échappement de la pendule et que la distance du batteur de secondes à l'observateur aura une influence appréciable.

Avec le premier des deux instruments on est plus maître des instants des pointés. La durée totale possible pour l'opération du pointé et de son contrôle avec le second instrument se réduit à une petite fraction de seconde.

Le nouvel instrument sera très difficile à construire et son emploi sera laborieux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates de fluorure d'argent.* Note de MM. **A. Guntz** et **A.-A. Guntz** junior.

Dans un travail récent, MM. Vanine et Paula Sachs ayant mis en doute les résultats de l'un de nous sur les fluorures hydratés et le sous-fluorure d'argent, nous avons cru devoir reprendre systématiquement, pour les préciser, les conditions de préparation de ces composés. Leur formation dépend, en effet, de la température, de la teneur en acide fluorhydrique, et est aussi fonction de la nature de la solution saturée, pour une phase métastable ou stable à la température considérée.

Nous avons étudié successivement l'influence de ces divers facteurs et ce sont les résultats obtenus que nous allons exposer.

Pour partir d'un état bien défini, nous avons opéré de la manière suivante : de l'acide fluorhydrique concentré, saturé par un excès de $AgOH$ précipité, est concentré au bain-marie, puis filtré à chaud; par refroidissement, on obtient des cristaux de fluorure hydraté qu'on sépare, par décanta-

tion, de ses eaux mères toujours acides. Ces cristaux, dissous dans l'eau, donnent la solution neutre dont nous sommes toujours partis. Ce procédé est plus commode que celui de Moissan consistant à dissoudre dans l'eau du AgF anhydre fondu.

I. Lorsqu'on évapore lentement à $+10°$, dans le vide, une solution neutre tenant 120^g de AgF pour 100^g d'eau, après avoir eu soin d'amorcer avec des cristaux obtenus en congelant quelques gouttes de la solution, on obtient de volumineux cristaux incolores, transparents fusibles à $+18°,5$.

L'analyse du sel séché entre des feuilles de papier buvard, à une température inférieure à $+15°$, correspond à la formule $AgF.4H^2O$:

	Calculé.	Trouvé.
Ag	54,23	54,03
H^2O	36,20	36,13

Ce sel n'avait pas encore été obtenu.

Sa chaleur de dissolution dans l'eau à $+13°$ est $-4^{cal},93$.

En dessous de $+18°,5$, le fluorure d'argent, $AgF.4H^2O$, est la seule forme stable en solution neutre. Mais une telle solution peut déposer cependant de l'hydrate $AgF.2H^2O$, lorsqu'elle est fortement sursaturée.

II. Une solution neutre tenant 170^g de AgF pour 100^g de H^2O, mise à cristalliser à une température comprise entre $+18°$ et $+38°$, après avoir été amorcée comme précédemment, donne des prismes très déliquescents de l'hydrate $AgF.2H^2O$ qui, séchés sur papier buvard, donnent à l'analyse :

	Calculé.	Trouvé (moyenne).
Ag	66,20	65,75
H^2O	22,10	22,50

Cet hydrate fond en se décomposant, à $+42°$, en donnant AgF anhydre, jaune orangé :

$$AgF.2H^2O = AgF \text{ anhydre} + AgF \text{ sol. saturée.}$$

La chaleur de dissolution a été trouvée de $-1^{cal},5$ à $10°$.

La présence de l'acide fluorhydrique abaisse la température du point de transition où $AgF.2H^2O$ et $AgF.4H^2O$ peuvent coexister en présence de la même solution. Il suffit, par exemple, de 5,5 pour 100 de HF pour abaisser le point de transition à $0°$. Une faible quantité de HF libre empêche donc la préparation au laboratoire de $AgF.4H^2O$ et fait qu'à la température ordinaire on n'obtient que $AgF.2H^2O$.

III. En évaporant au thermostat, entre 26° et 36°, une solution saturée neutre de AgF, après l'avoir amorcée avec des cristaux de $AgF.H^2O$, on obtient des octaèdres durs, très réfringents, légèrement jaunâtres, déliquescents, qui se décomposent avant de fondre; ils répondent à la formule $AgF.H^2O$:

	Calculé.	Trouvé.
Ag	74,43	74,20

On obtient cet hydrate beaucoup plus facilement en faisant cristalliser à la température ordinaire une solution concentrée de fluorure contenant 3 pour 100 de HF libre, en prenant la précaution essentielle de la filtrer à 50° pour éviter tous les germes de $AgF.2H^2O$. HF joue ici le rôle de déshydratant, et cela explique pourquoi divers chimistes ont pu obtenir cet $AgF.H^2O$ par hasard. Nous avons trouvé pour la chaleur de dissolution de $AgF.H^2O$:

$$AgF.H^2O + n\,Aq = AgF \text{ diss. étendue } + 0^{cal},85 \text{ à } 10°.$$

Nous remarquerons que cet hydrate, en se dissolvant dans beaucoup d'eau, dégage de la chaleur, quoique sa solubilité croisse légèrement avec la température. Cela s'explique en remarquant que la chaleur de dissolution de $AgF.H^2O$, dans une solution très concentrée, est négative, comme on peut le prouver en mesurant la chaleur de dilution d'une solution concentrée; nous avons trouvé en effet, pour la chaleur de dilution d'une solution à 66 pour 100 de AgF, $+0^{cal},99$.

IV. Lorsqu'en prenant les mêmes précautions que pour $AgF.H^2O$, on fait cristalliser à la température ordinaire une solution neutre ou faiblement acide de AgF, en l'amorçant avec $AgF.H^2O$, on voit se former, autour de chaque germe, un volumineux cristal incolore, transparent, formant une rosette hexagonale et d'aspect tout à fait différent de $AgF.H^2O$. La composition de ces cristaux est sensiblement constante, indépendante de la température. La moyenne d'un grand nombre d'analyses donne 68,52 pour 100 de Ag, ce qui correspond sensiblement à l'hydrate $3AgF.5H^2O$ qui exige 68,76 pour 100 de Ag. Ces cristaux deviennent translucides avec le temps et cette transformation commence par le centre.

Les deux hydrates $AgF.H^2O$ et $3AgF.5H^2O$ sont des formes instables qui se décomposent au contact de cristaux de $AgF.2H^2O$, en donnant du

fluorure d'argent anhydre :

$$2(AgF.H^2O) = AgF.2H^2O + AgF,$$
$$2(3AgF.5H^2O) = 5(AgF.2H^2O) + AgF.$$

La décomposition du monohydrate, en présence de germes de $AgF.2H^2O$, est lente et dure plusieurs heures, tandis que la particularité la plus curieuse de l'hydrate $3AgF.5H^2O$ est d'être tout particulièrement instable; sa décomposition est accompagnée d'un dégagement de chaleur très notable; elle est très rapide, pratiquement instantanée à 25°, ne dure que quelques secondes à 0° et s'accompagne d'une belle coloration jaune due à AgF amorphe.

Lorsque cette réaction se passe en présence des eaux mères, celles-ci se prennent en une bouillie cristalline de $AgF.2H^2O$.

V. Lorsqu'on dessèche dans le vide sur l'acide sulfurique à la température ordinaire l'un des hydrates précédents, on obtient du fluorure d'argent anhydre, amorphe, de couleur variable avec la température, jaune citron préparé à 0°, à 25° nettement orangé.

En évaporant au contraire dans le vide une solution de fluorure à 5 pour 100 de HF, on obtient de beaux cubes transparents, rouge rubis, de AgF. Ces cristaux n'avaient pas encore été signalés.

	Calculé.	Trouvé.
Ag	85,03	84,80

Lorsque la teneur en acide fluorhydrique augmente, la couleur se fonce, vire au noir et les cristaux finissent par devenir opaques.

La chaleur de dissolution a été trouvée de $+ 4^{cal},3$ à $+ 16°$.

VI. Lorsqu'on évapore à chaud, dans le vide, en l'absence de tout germe cristallin, une solution neutre de fluorure d'argent, on obtient facilement des solutions sursaturées. Elles peuvent être obtenues par exemple à +15° sursaturées par rapport à $AgF.4H^2O$, $AgF.2H^2O$, $3AgF.5H^2O$, phases cristallines qu'on peut obtenir successivement avec la même solution.

Les solutions sursaturées contenant plus de 64,5 pour 100 de AgF attaquent l'argent lentement à froid, rapidement à chaud, en donnant du sous-fluorure d'argent cristallisé, avec une vitesse croissant avec la température; il faut quelques jours à la température ordinaire, quelques heures

à 50°, pour obtenir l'équilibre, et cela explique les conditions de formation de Ag^2F trouvées autrefois par l'un de nous.

Le sous-fluorure d'argent se décompose d'ailleurs au contact d'une quantité limitée d'eau, jusqu'à ce que la solution renferme 64,5 pour 100 de AgF, limite sensiblement indépendante de la température.

Cette propriété des solutions très concentrées explique pourquoi, à froid, on a pu obtenir avec elles, par électrolyse ou par un réducteur, comme l'hydrogène, des cristaux de sous-fluorure d'argent.

MICROBIOLOGIE. — *Démonstration expérimentale de l'existence d'un stade lymphatique généralisé, précédant les localisations, dans l'infection tuberculeuse.* Note de MM. **A. Calmette** et **V. Grysez.**

Les cliniciens et les anatomo-pathologistes ne considèrent pas tous encore comme démontrée l'existence d'un stade lymphatique généralisé et latent, précédant les localisations dans l'infection tuberculeuse. Beaucoup d'entre eux admettent que, selon les lois de Conheim et de Parrot, le bacille tuberculeux pénétrant dans l'organisme révèle sa porte d'entrée par une lésion *locale* ou par une lésion du ganglion lymphatique le plus proche.

Dans une Communication antérieure (¹) l'un de nous, en collaboration avec C. Guérin, croyait avoir apporté, par des expériences sur des bovidés, une preuve évidente de l'inexactitude de ces lois. Weigert dès 1884, Loomis en 1890, Pizzini, Briault et Frankel, Kälble, Alan Macfadyen et Maconkey, Harbitz, Weichselbaum, Bartels, avaient déjà relaté des faits cliniques ou expérimentaux dans le même sens. Mais récemment Chaussé (²), cherchant à localiser les voies de pénétration du virus chez les veaux tués à l'abattoir de Versailles, conclut de ses observations nécropsiques qu' « à une infection locale l'organisme oppose une réaction locale précoce » et que « le stade lymphatique généralisé et prolongé n'existe pas ».

Nous pensons que les expériences relatées ci-après, entreprises par nous avant la publication du Mémoire de Chaussé et qui portent non plus sur des bovidés, mais sur le cobaye, dont on connaît l'extrême sensibilité à l'infection tuberculeuse artificielle, fournissent une preuve décisive de la rapidité avec laquelle les bacilles, simplement déposés à la surface d'une

(¹) *Comptes rendus*, 6 janvier 1913.

(²) *Comptes rendus*, 20 octobre 1913.

muqueuse saine, pénètrent et se répandent dans l'organisme avant qu'aucune lésion locale ou ganglionnaire de voisinage se soit constituée.

La méthode d'infection choisie par nous consiste à laisser simplement tomber, sur l'œil ouvert du cobaye, une goutte d'émulsion fine contenant, dans de l'eau salée physiologique, $0^{mg},5$ de culture sur pomme de terre de bacille bovin, âgée de 3 semaines et pesée à l'état humide.

Nous avons précédemment montré qu'avec ce procédé on réussit *toujours* à tuberculiser les animaux. Ceux-ci présentent au bout de trois semaines un gonflement caractéristique des ganglions du cou, sans qu'on observe jamais aucune lésion tuberculeuse de l'œil ni de ses annexes, bien qu'on réalise ainsi une infection locale massive.

Nous avons cherché au bout de combien de jours après l'infection par instillation oculaire la présence des bacilles peut être mise en évidence dans les différents organes. Pour cela, nous avons sacrifié successivement des animaux après deux, quatre, six, huit, douze, quinze et dix-huit jours. On prélevait séparément et aseptiquement pour chaque cobaye : les ganglions rétro-mastoïdiens, rétro-pharyngiens et cervicaux d'une part, les ganglions trachéo-bronchiques d'autre part, puis les poumons, la rate et le foie. Les organes faisant l'objet de chacun de ces prélèvements étaient broyés en totalité dans l'eau salée physiologique et inoculés à des cobayes neufs qui ont tous été sacrifiés au bout de trois mois, aucun n'ayant succombé dans l'intervalle. Les résultats d'autopsie ont été les suivants :

Délai de prélèvement des organes après l'instillation occulaire infectante.	Cobayes neufs inoculés avec le produit de broyage des :				
	Groupe des ganglions mastoïdiens, pharyngiens et cervicaux.	Groupe des ganglions trachéo-bronchiques.	Poumons.	Rate.	Foie.
2 jours..........	Aucun cobaye n'est trouvé tuberculeux.				
4 »	o	o	Tub.	o	o
6 »	Tub.	o	Tub.	Tub.	o
8 »	Tub.	o	o	o	o
12 »	Tub.	o	o	Tub.	o
15 »	Tub.	o	Tub.	o	o
18 »	Tub.	o	o	o	o

Il apparaît donc évident que les premiers bacilles observés sont entraînés par les leucocytes jusque dans la circulation sanguine et retenus par le poumon. D'autres, par la suite, s'accumulent dans les groupes ganglionnaires voisins de la porte d'entrée du virus (parce qu'il s'agit, en l'espèce,

d'une infection massive), et d'autres encore sont véhiculés jusque dans la rate vers le sixième jour, avant qu'aucune lésion tuberculeuse visible soit constituée.

Lorsqu'on tarde davantage à sacrifier les cobayes infectés par instillation oculaire, on constate qu'au bout de trois semaines, seuls les ganglions du cou se montrent tuméfiés et qu'il existe déjà fréquemment quelques tubercules dans les poumons; puis peu à peu, d'autres organes se tuberculisent, en particulier la rate, les ganglions trachéo-bronchiques, puis ceux du hile du foie et les mésentériques.

Dans les conditions de ces expériences, qui présentent une analogie si frappante avec celles que peut réaliser par exemple l'infection naturelle d'un enfant par la projection de particules de salive bacillifère sur la conjonctive saine, nous voyons *qu'il ne se produit aucune lésion locale au point de pénétration du bacille et que l'infection lymphatique et sanguine est générale avant de se localiser aux ganglions du cou.*

M. **Henry Le Chatelier** présente une Collection des *Classiques de la Science* dont il a entrepris la publication en collaboration avec MM. H. Abraham, H. Gautier et J. Lemoine. C'est une réimpression des Mémoires dus aux savants français et étrangers qui ont ouvert les grands Chapitres de la Science. On s'est proposé de donner, dans un but d'intérêt général, une édition française à bon marché, et par suite facilement accessible au grand nombre, des Mémoires qui sont le plus souvent cités dans l'enseignement secondaire et supérieur. Cette publication est la réalisation d'un vœu qu'on trouve souvent formulé par de nombreux écrivains qui ont recommandé la lecture des Mémoires originaux comme le meilleur moyen de développer chez les étudiants l'esprit scientifique, tout en contribuant aussi à leur culture littéraire.

Il suffira de rappeler ici l'opinion d'un des plus illustres secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, François Arago, qui, dans l'éloge de Volta prononcé le 26 juillet 1833, s'exprimait ainsi :

A une époque où, sauf quelques honorables exceptions, la publication d'un livre est une opération purement mercantile, où les Traités de science, surtout, taillés sur le même patron, ne diffèrent entre eux que par des nuances de rédaction souvent imperceptibles, où chaque auteur néglige bien scrupuleusement toutes les expériences, toutes les théories, tous les instruments que son prédécesseur immédiat a oubliés ou méconnus, on accomplit, je crois, un devoir en dirigeant l'attention des commençants vers les sources originales. C'est là, et là seulement, qu'ils puiseront d'importants sujets de recherches : c'est là qu'ils trouveront l'histoire fidèle des découvertes, qu'ils

apprendront à distinguer clairement le vrai de l'incertain, à se défier enfin des théories hasardées que les compilateurs sans discernement adoptent avec une aveugle confiance....

Les quatre premiers Volumes de cette publication présentés aujourd'hui à l'Académie sont les suivants :

I. *L'air, l'acide carbonique et l'eau*. Mémoires de Dumas, Stas et Boussingault.

II. *Mesure de la vitesse de la lumière. Étude optique des surfaces*. Mémoires de Léon Foucault.

III. *Eau oxygénée et ozone*. Mémoires de Thénard, Schœnbein, de Marignac, Soret, Troost, Hautefeuille et Chappuis.

IV. *Molécules, atomes et notation chimique*. Mémoires de Gay-Lussac, Avogadro, Ampère, Dumas, Gaudin et Gerhardt.

M. **R. Zeiller** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. F. Pelourde, intitulé : *Paléontologie végétale. Cryptogames cellulaires et Cryptogames vasculaires*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Kr. Birkeland** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : The norwegian Aurora Polaris expedition, 1902-1903. Volume I : *On the cause of magnetic storms and the origin of terrestrial magnetism*. Second section.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un de ses Membres, qui devra faire partie du *Conseil supérieur de l'Agriculture*.

M. **Müntz** réunit l'unanimité des suffrages.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission qui devra présenter une liste de candidats à la sixième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président

de l'Académie, doit comprendre : deux Membres de la Division des Sciences mathématiques; deux Membres de la Division des Sciences physiques; deux Membres non résidents.

MM. **Darboux**, **Bigourdan**, pour les Sciences mathématiques; MM. **Zeiller**, **Barrois**, pour les Sciences physiques; MM **Sabatier**, **Depéret**, pour la Section des Membres non résidents, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **Gosselet**, élu à la cinquième place de Membre non résident, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

M. **Maupas** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la sixième place de Membre non résident.

MM. **Desgrez**, **Maire**, **C. Tissot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *A history of the first half-century of the* National Academy of Sciences, 1863-1913.

2° *Comptes rendus des Séances de la dix-septième Conférence générale de l'*Association géodésique internationale, réunie à Hambourg du 17 au 27 septembre 1912, rédigés par le Secrétaire perpétuel, H.-G. van de Sande Bakhuysen.

3° R. Osservatorio di Catania. *Catalogo astrofotografico* 1900,0. *Zona di Catania fra le declinazioni* + 46° E + 55°. Vol. V, parte I.

4° *Nova Caledonia, Zoologie.* Fritz Sarasin, *Die Vögel Neu-Caledoniens und der Loyalty-Inseln;* Jean Roux, *Les reptiles de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyalty*. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

5° *Leçons sur les principes de l'Analyse*, t. II, par R. d'Adhémar, avec une Note de Serge Bernstein. (Présenté par M. Jordan.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le module minimum d'une fonction analytique le long d'une circonférence.* Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. J. Hadamard.

Le théorème de M. Schou exprime une relation d'inégalité entre le *module maximum* $M(r)$, le long d'une circonférence c de rayon r ayant l'origine pour centre, d'une fonction $f(z)$ holomorphe à l'intérieur de c et sur c, et le nombre p de zéros de $f(z)$ compris à l'intérieur de c.

La proposition faisant l'objet de la présente Note exprime une relation d'inégalité entre le *module minimum* $N(r)$ de $f(z)$ le long de c et le nombre p.

Soit

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \tag{1}$$

le développement de Taylor représentant la fonction $f(z)$ à l'intérieur de c. Si l'on forme la fonction

$$v(t) = \frac{1}{t^2} \sum_0^\infty |a_n t^n|^2, \tag{2}$$

et si l'on désigne par L la plus petite valeur qu'elle prend lorsque t varie de o à r par valeurs réelles, d'après une proposition que j'ai démontrée dans un travail antérieur ([1]) la valeur

$$\lambda = \frac{|a_0|}{\sqrt{L}}$$

(où l'on peut aussi remplacer L par l'une de ses limites supérieures L′) représente une limite inférieure des modules des zéros $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ de $f(z)$ compris à l'intérieur de c. On aura donc

$$|\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_p| > \lambda^p, \tag{3}$$

d'où l'on conclut, en vertu du théorème de Jensen, que

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log|f(r\, e^{\theta i})|\, d\theta < \log\left(\frac{r}{\lambda}\right)^p,$$

([1]) *Bull. de la Soc. mathém. de France*, t. XXIX, 1902.

et *a fortiori*

(4) $$\log N(r) < \log\left(\frac{r}{\lambda}\right)^p,$$

$N(r)$ étant la plus petite valeur que prend $f(z)$ le long de c. On a donc la proposition suivante :

Le minimum du module de $f(z)$ le long de c est compris entre o *et* $\left(\frac{r}{\lambda}\right)^p$.

Le nombre L est dans tous les cas pratiquement calculable de la manière suivante : si l'on forme la dérivée

(5) $$\frac{1}{2}\varphi'(t) = -\frac{1}{t^3} + \sum_{1}^{\infty}(n-1)|a_n|^2 t^{2n-3},$$

et en désignant par α la racine réelle positive, toujours unique dans c, de l'équation

(6) $$\varphi'(t) = 0,$$

on aura

(7) $$\begin{cases} L = \varphi(r) & \text{si} \quad \varphi'(r) < 0, \\ L = \varphi(\alpha) & \text{si} \quad \varphi'(r) > 0. \end{cases}$$

La racine α étant unique, on peut la déterminer dans chaque cas particulier, avec l'approximation voulue, par la simple considération du signe de l'expression (5) pour diverses valeurs de t comprises entre $+\varepsilon$ et r.

Par exemple, pour la fonction

$$f(z) = a + \frac{z}{\sqrt{1}} + \frac{z^2}{\sqrt{2}} + \ldots \qquad (a > 0),$$

on aura

$$\lambda = a\sqrt{1-\alpha^2},$$

α étant la racine, comprise entre 0 et 1, de l'équation

$$\frac{t^2}{1-t^2} + \log(1-t^2) - a^2 = 0.$$

Pour la fonction

$$f(z) = a + \frac{z}{\sqrt{1}} + \frac{z^2}{\sqrt{1.2}} + \frac{z^3}{\sqrt{1.2.3}} + \ldots \qquad (a > 0)$$

on trouve

$$\lambda = a\, e^{-\frac{\alpha^2}{2}}$$

α étant la racine positive unique de l'équation

$$(t^2-1)\,e^{t^2}-a^2+1=0,$$

comprise

$$\text{entre } 1 \text{ et } \sqrt{1+\frac{a^2-1}{e}} \quad \text{si} \quad a>1$$
$$\text{entre } 0 \text{ et } 1, \quad \text{si} \quad 0<a<1.$$

Une conséquence directe de la proposition qui précède est la suivante :

Lorsque le module de $f(z)$ est, le long de c, constamment plus grand qu'un nombre $H>1$, *la fonction $f(z)$ s'annule à l'intérieur de c au moins autant de fois qu'il y a d'unités entières dans la valeur*

$$\frac{\log H}{\log \frac{r}{\lambda}}.$$

Il est d'ailleurs manifeste qu'on a $\frac{r}{\lambda}>1$, puisque

$$\frac{r}{\lambda}=\frac{r}{t}\,\frac{\sqrt{\Sigma\,|a_n t^n|^2}}{|a_0|},$$

et chacun des deux facteurs du second membre est plus grand que 1.

La dernière proposition, en faisant intervenir le module *minimum* de $f(z)$ et en fournissant une limite *inférieure* du nombre de zéros p, complète la proposition de M. Schou, laquelle, en faisant intervenir le module *maximum* de $f(z)$, fournit une limite *supérieure* de p.

CINÉMATIQUE. — *Sur les mouvements doublement décomposables et sur les surfaces qui sont le lieu de deux familles de courbes égales.* Note de M. G. **Kœnigs**.

1. Sophus Lie a, comme on sait, résolu le problème de trouver les surfaces qui sont, de *deux* (ou plus exactement de *quatre*) manières, engendrées par la translation d'une courbe de forme invariable; ultérieurement Henri Poincaré est revenu sur cette question et, il y a moins d'un an, M. G. Darboux en a donné une solution nouvelle plus directe et plus géométrique. La généralisation de ce problème consiste à trouver les surfaces sur lesquelles on peut tracer deux ou plusieurs familles de courbes égales (dans une même famille). Or ce problème est lié à la

recherche des mouvements décomposables que j'ai eu à considérer déjà en plusieurs circonstances et notamment des mouvements doublement décomposables.

2. Si deux corps A et C forment un système binaire à deux paramètres, c'est-à-dire si leurs positions relatives dépendent de deux paramètres, ce système binaire $\boxed{A, C}$ est dit *décomposable* lorsqu'il existe un troisième corps B tel que les systèmes binaires $\boxed{A, B}$, $\boxed{B, C}$ dépendent chacun d'*un* paramètre, ces deux paramètres étant du reste indépendants. Pour définir un tel système $\boxed{A, C}$, il suffit évidemment de se donner *arbitrairement* les systèmes $\boxed{A, B}$, $\boxed{B, C}$; mais le problème acquiert plus d'intérêt et aussi de difficulté lorsqu'il existe un quatrième corps D offrant la même propriété que B à l'égard des corps A et C; le système binaire $\boxed{A, C}$ est dit alors *doublement* décomposable.

Les quatre corps A, B, C, D constituent en ce cas une chaîne dans laquelle les corps contigus forment des systèmes binaires, à un paramètre chacun, $\boxed{A, B}$, $\boxed{B, C}$, $\boxed{C, D}$, $\boxed{D, A}$, tandis que les membres opposés tels que C et A forment un système binaire $\boxed{A, C}$ à deux paramètres.

3. Le lien de ces mouvements avec les surfaces considérées au début résulte de la remarque suivante : Soit M un point de C et γ_B^M sa trajectoire dans B; au cours du mouvement de B par rapport à A, γ_B^M décrit la surface Φ_A^M qui est le lieu de M dans le corps A. De même si γ_D^M est la trajectoire de M dans le corps D, la surface Φ_A^M est décrite par γ_D^M au cours du mouvement de D par rapport à A.

Ainsi : *Si* $\boxed{A, C}$ *est un système binaire doublement décomposable, la surface trajectoire* Φ_A^M *de tout point de* M *dans* A *est le lieu de deux familles de courbes égales.*

Il n'y aurait exception que si γ_B^M et γ_D^M étaient superposables sans empêcher la mobilité relative de B et de D, auquel cas γ_B^M et γ_D^M seraient des hélices superposées (ou leurs dégénérescences, droite ou cercle).

Si le système binaire $\boxed{A, C}$ est *n* fois décomposable, la surface Φ_A^M contient *n* familles de courbes égales.

4. Je donnerai ici un exemple simple de pareils mouvements et il en résultera une classe de surfaces de l'espèce cherchée.

Soit ABCD un quadrilatère gauche dont les côtés opposés sont égaux, ce que M. G. Darboux a appelé un *parallélogramme gauche*.

La droite Δ qui joint les milieux des diagonales AC et BD est un axe de symétrie du quadrilatère; de plus, celui-ci est susceptible d'une déformation dans laquelle tous les plans menés par une arête et les deux arêtes contiguës forment un angle constant. En cet état, les angles $\alpha = \widehat{DAB} = \widehat{BCA}$ et $\beta = \widehat{ABC} = \widehat{CDA}$ sont les seuls éléments variables de la figure, encore sont-ils liés par une équation $\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\operatorname{tang}\frac{\beta}{2} = \text{const.}$ (1).

Si l'on élève la perpendiculaire AA' au plan DAB, et de même BB', CC', DD' perpendiculaires aux plans ABC, BCD, CDA, les perpendiculaires AA' et BB' forment avec AB un système invariable que nous appellerons Σ_{AB}; nous aurons de même les systèmes analogues Σ_{BC}, Σ_{CD}, Σ_{DA}; au cours de la déformation considérée du quadrilatère, ces corps se trouvent articulés suivant les droites AA' pour Σ_{DA} et Σ_{AB}, BB' pour Σ_{AB}, Σ_{BC}, etc. Ce système (2) articulé est connu. Concevons maintenant quatre corps, Σ_A fou sur l'axe AA', Σ_B sur l'axe BB', Σ_C sur l'axe CC', Σ_D sur l'axe DD'. On peut se proposer de munir ces corps d'engrenages hyperboloïdiques, de façon que le rapport des vitesses angulaires de Σ_A, Σ_B par rapport à Σ_{AB} soit constant, de même que celui de Σ_A, Σ_C par rapport à Σ_{BC}, de Σ_C, Σ_D par rapport à Σ_{CD}, de Σ_D, Σ_A par rapport à Σ_{DA}, et cela de telle manière que l'établissement des engrenages n'empêche pas la variation de α et par suite la déformation du système articulé.

Soient Ω^A_{AB}, Ω^B_{AB} les vitesses angulaires de Σ_A, Σ_B par rapport au corps Σ_{AB}, soit, sur AB, le point I_{AB} tel qu'on ait en grandeur et signe

$$AI_{AB} : BI_{AB} = \Omega^B_{AB} : \Omega^A_{AB}.$$

De même, soient I_{BC}, I_{CD}, I_{DA} les points analogues sur BC, CD, DA, représentatifs des rapports des vitesses. Il faut que, lorsqu'on amène le parallé-

(1) M. G. Darboux a eu à étudier la déformation de ce parallélogramme gauche dans son Mémoire intitulé : *Sur un problème relatif à la théorie des courbes gauches* (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1908).

(2) Ce système articulé remarquable a été trouvé par M. G.-T. Bennett, dans son Mémoire : *A New Mechanism* (*Engineering*, 1903). Il a été ultérieurement retrouvé par M. E. Borel dans son *Mémoire sur les déplacements à trajectoires sphériques* (*Sav. étr.*, 1905), et sous une forme moins explicite par R. Bricard dans son *Mémoire sur les mouvements à trajectoires sphériques* (*Journal de l'École Polytechnique*, 1906).

logramme dans sa forme plane, ces quatre points soient sur une même droite issue du centre du parallélogramme.

L'ensemble des engrenages admet dès lors le même axe de symétrie Δ que le quadrilatère et si n est le rapport des vitesses pour deux engrenages opposés, il est $-\frac{1}{n}$ pour les deux autres.

Les quatre corps Σ_A, Σ_B, Σ_C, Σ_D forment ainsi une chaîne de l'espèce considérée aux nos 2 et 3. Le mouvement $\boxed{\Sigma_A\,\Sigma_C}$ est à deux paramètres; il est doublement décomposable.

Les courbes γ_B^M, γ_D^M, sont des sortes d'*épicycloïdes gauches* résultant d'une *viration hyperboloïdique* à la Bélanger; la surface Φ_A^M, à son tour, résulte du mouvement de l'une et l'autre de ces courbes, animées de virations analogues.

Ces courbes et surfaces deviennent algébriques si n est commensurable (1).

PHYSIQUE. — *Groupements des raies réels ou apparents dans les spectres de bandes.* Note de M. R. FORTRAT, présentée par M. E. Bouty.

Phénomènes de simplification. — La première partie de cette Note a pour but de préciser la description que j'ai déjà donnée ici (2) des simplifications des bandes spectrales par le champ magnétique, et que Deslandres et d'Azambuja (3) ont discutée à propos de la bande $\lambda = 3063$ de l'eau. J'ai observé des simplifications dans les bandes verte, bleue et violette du spectre de Swan, la bande violette de cyanogène, le deuxième groupe positif et le groupe négatif de l'air; en effet, toutes les modifications que j'ai observées sur ces deux derniers se réduisent à des simplifications que j'ai observées parfaitement sur des régions appropriées de leurs bandes. Les caractères sont ceux que j'ai décrits, ils sont conformes à la règle suivante :

(1) Dans une Communication faite le 26 février 1913 à la Société mathématique de France, M. Raoul Bricard, après avoir aimablement rappelé que je lui avais signalé en termes généraux l'intérêt offert par les mouvements à deux paramètres doublement décomposables, a fait connaître de très ingénieux mouvements de ce genre dans le plan et sur la sphère. Il y emploie un parallélogramme plan muni en ses sommets d'engrenages cylindriques analogues aux engrenages hyperboloïdiques que j'emploie moi-même ici.

(2) FORTRAT, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1459.

(3) DESLANDRES et D'AZAMBUJA, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 814.

Aux deux points de vue qualitatif et quantitatif, les simplifications des bandes se produisent comme si les doublets ou les triplets étaient émis par des systèmes à deux ou à trois degrés de liberté entre lesquels existerait comme liaison un frottement proportionnel au champ magnétique.

Cette simplification se produit également sur les groupements réguliers et anormaux, toutefois la sensibilité des derniers, dans les cas que j'ai observés, est variable et plus grande, tandis que *tous les triplets de la bande verte du carbone et des bandes de l'air ont la même sensibilité au champ magnétique.* La simplification ne peut se produire que si les raies voisines sont effectivement liées l'une à l'autre. Examinons par exemple la bande violette des hydrocarbures; j'en ai donné un dessin très schématique (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1155); elle présente des doublets, mais ceux-ci sont accidentels et de nature essentiellement différente des doublets formés par deux séries parallèles : le champ n'a pas d'action même sur les plus serrés d'entre eux, tandis qu'il simplifie toutes celles de leurs composantes qui sont anormalement doubles. Or, dans la bande 3063 de l'eau, les doublets de Meyerheim sont du même type, il est donc naturel qu'ils ne soient pas simplifiés par le champ. Les modifications qu'il y apporte se ramènent, d'après mes propres observations, à un très petit nombre de simplifications et de déplacements [1], mais surtout aux deux types suivants, tous deux sans polarisation :

1° Un dédoublement où la composante rouge est fine, l'autre diffuse (en particulier, λ 3077,1 et λ 3074,5, où Deslandres et d'Azambuja observent un déplacement vers le rouge); l'écart des composantes n'est pas constant; dans un seul cas (λ 3093,8), les deux composantes sont fines, et elles présentent alors l'écart normal.

2° Un élargissement quelquefois symétrique, mais présentant en général une intensité plus grande près du bord violet (en particulier, λ 3064,3 et λ 3067,4 où Deslandres et d'Azambuja observent un déplacement vers le violet).

La relation qu'ils signalent entre les déplacements des raies et leur groupement en série se vérifie avec une meilleure régularité dans les bandes à simplifications; mais je n'ai pas encore rencontré de cas où elle m'ait été pratiquement utile. Par contre la méthode inverse qui consiste à étudier

(1) La comparaison des mesures de Deslandres et d'Azambuja avec les miennes (3970 gauss) montre qu'ils sont *proportionnels au champ*, tandis que tous les autres déplacements connus sont *proportionnels à son carré;* il importe donc de les soumettre à une critique sévère avant de les prendre en considération. Ne seraient-ce pas par exemple des dédoublements du type 1 où la composante diffuse, naturellement moins noire sur les clichés, peut échapper?

d'abord la bande modifiée par un champ intense et à revenir ensuite à la bande naturelle s'est montrée féconde, en particulier dans la bande de l'eau : en effet beaucoup d'irrégularités ont alors disparu et les raies ont un aspect typique qui facilite beaucoup leur classement.

Phénomène de Zeeman. — La méthode magnétique par laquelle Paschen a imaginé d'étudier les groupes de raies peut être également employée dans les bandes décomposées par le champ. Un essai fait dans ce sens sur les doublets apparents de la série II de la bande λ 2370 du troisième groupe de l'air (voir pour la description et les notations, DESLANDRES, *Comptes rendus*, t. 149, 1904, p. 584) a révélé une indépendance magnétique complète des composantes des doublets naturels; j'ai vérifié que ce sont bien des doublets seulement en apparence par l'étude de la structure des autres bandes du groupe, où les deux séries II s'entremêlent de façons différentes. L'étude de leur décomposition magnétique permet d'élucider deux questions : *Peut-on énoncer pour les bandes une règle analogue à la règle de Preston? Peut-on, par l'étude magnétique, mettre en évidence les liaisons successives d'une bande?*

Pour le troisième groupe de l'air *la réponse est négative*. Je résume les principaux résultats de l'observation perpendiculaire aux lignes de force sur les séries II_1 et II_2 des trois bandes les plus intenses du groupe. Le type de la décomposition est celui qu'a décrit Dufour pour les têtes de bandes : chaque raie donne dans chaque polarisation un doublet dont l'écart est proportionnel au champ; soit δ sa valeur spécifique (quotient de l'écart, mesuré en fréquences par le champ). Les indices n et p caractérisent les vibrations électriques perpendiculaires et parallèles aux lignes de force, les indices 1 et 2 caractérisent les séries II_1 et II_2, m est le numéro d'ordre des raies compté depuis la tête où $m = 0$. Je rappelle que l'écart normal a pour valeur spécifique $0,936.10^{-4}$.

Bande λ 2370. — Il n'y a pas de différences notables entre les deux polarisations. δ décroît depuis la tête, il vaut $1,37.10^{-4}$ pour $m = 0$ et $0,95.10^{-4}$ pour $m = 18$.

Bande λ 2479. — $\delta_{p,1}$ décroît depuis $1,04.10^{-4}$ pour $m = 0$ et vaut $0,83.10^{-4}$ pour $m = 17$. $\delta_{n,1}$ a la même valeur pour $m = 0$ et décroît moins vite, il vaut $0,97.10^{-4}$ pour $m = 17$. $\delta_{p,2}$ et $\delta_{n,2}$ sont sensiblement constants et égaux tous deux à $0,95.10^{-4}$.

Bande λ 2596. — $\delta_{p,1}$ décroît depuis la valeur $1,27.10^{-4}$ pour $m = 0$,

il vaut 0,84.10⁻⁴ pour $m=18$. $\delta_{n,1}$ a la même valeur pour $m=0$, décroît lentement jusqu'à $0,95.10^{-4}$ pour $m=7$, puis augmente et atteint $1,08.10^{-4}$ pour $m=18$. $\delta_{p,2}$ et $\delta_{n,2}$ sont égaux entre eux et décroissent légèrement de $0,97.10^{-4}$ pour $m=10$ à $0,83.10^{-4}$ pour $m=18$.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur la neutralisation de l'acide chromique.* Note de M. L. **Margaillan**, présentée par M. G. Lippmann.

Entre une électrode de platine saturée d'hydrogène et une solution conductrice dans laquelle cette électrode plonge en partie, il existe une différence de potentiel de la forme $E = A \log C_H$ (Nernst), en appelant C_H la concentration des ions H dans la solution, c'est-à-dire son acidité réelle. On peut donc mesurer l'acidité réelle d'une solution en mesurant la force électromotrice d'une pile dans laquelle intervient suivant un dispositif classique une électrode de platine hydrogéné plongeant dans la solution étudiée.

Au cours de recherches d'ordre biologique, nous avons été conduit à appliquer cette méthode à l'étude systématique de la neutralisation des acides dont quelques-uns seulement ont été jusqu'ici étudiés isolément [1].

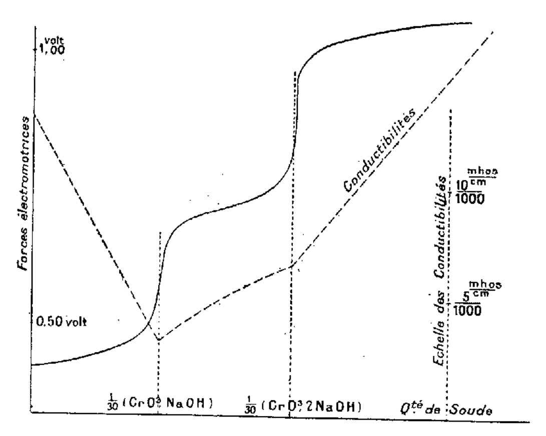
Nous avons opéré sur des solutions qui contenaient $\frac{1}{30}$ de molécule d'acide (en adoptant en cas de doute pour formule de l'acide celle que l'étude chimique de la substance indiquait comme la plus probable) et des proportions de soude qui variaient graduellement depuis zéro jusque bien au delà de la saturation. La pile se trouvait constituée par le demi-élément (platine hydrogéné | solution) opposé à un demi-élément $\left(\text{mercure} \mid \text{calomel} \mid \text{KCl } \frac{n}{10}\right)$, réunis l'un à l'autre par l'intermédiaire d'une solution $3,5n$ ou $\frac{3,5}{2}n$ de chlorure de potassium suivant le dispositif de Bjerrum pour l'élimination du potentiel de diffusion.

Le dispositif employé pour la mesure des forces électromotrices est le dispositif potentiométrique de Bouty. Le circuit potentiométrique comprenant deux boîtes de résistances identiques de 1110 ohms est alimenté par un accumulateur fermé par conséquent d'une façon constante sur 11110 ohms, résistance sur une partie de laquelle on peut opposer la pile à étudier ou un élément étalon au cadmium. Comme appareil de zéro on utilise un électromètre de Lippmann du type ordinaire.

Les résultats obtenus sont résumés dans le diagramme ci-après, obtenu en portant en abscisses les quantités de soude ajoutées à l'acide, en ordonnées les forces électromotrices des éléments constitués comme il a été dit.

[1] En particulier par Böttger, *Zeit. f. Physik. Chemie*, t. XXIV, 1897, p. 253.

Malgré la parenté des formules, contrairement à ce qui s'observe pour l'acide sulfurique, lequel, à l'égal des monoacides, ne laisse déceler que sa saturation, c'est-à-dire sa deuxième fonction acide, la solution d'anhydride chromique donne deux régimes de variation brusque, deux paliers correspondant à la première et à la seconde fonction acide sans que la courbe



représentative présente de discontinuité au sens mathématique du mot. La courbe de conductibilité présente au contraire deux brisures. De par leurs positions mêmes, ces deux paliers devaient correspondre aux virages à l'hélianthine et à la phénolphtaléine respectivement. C'est en effet ce qu'on observe. En raison de la coloration naturelle du milieu, le premier virage est assez délicat à saisir. Par contre le second du jaune verdâtre au rouge est extrêmement net et peut très bien servir éventuellement à doser l'acide, fait qui a d'ailleurs été déjà signalé.

BOTANIQUE. — *Un nouvel hybride de greffe*. Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'existence des êtres singuliers qu'on a désignés sous le nom d'*hybrides de greffe* ou *hybrides asexuels* ne peut plus aujourd'hui être mise en doute. Aux cas anciens de l'orange *Bizarria* et du *Cytisus Adami* sont venus s'ajouter des exemples précis, contrôlables et par suite indéniables, tels que les hybrides de greffe chez les Solanées, les Composées et la Vigne; les *Cratægomespilus* de Bronvaux et de Saujon, le *Pirocydonia*, les Pêchers-Amandiers, le Poirier-Épine blanche, le Rhododendron de Dresde, etc.

Ces formations apparaissent de deux façons : 1° elles se produisent dans les tissus

même du bourrelet, soit quand le greffon vient à décrépir, soit quand on le décapite au-dessus de son insertion sur le sujet. Il se forme alors une greffe mixte (1) à la place de la greffe ordinaire (*Mespilocratægus*, *Pirocydonia*); 2° elles naissent sur le sujet ou sur le greffon à des distances variables du bourrelet (Pêchers-Amandiers). Dans les deux cas, l'hybride de greffe présente des caractères appartenant à la fois aux deux associés et ces caractères sont tantôt intermédiaires, tantôt disposés en mosaïque à petits ou à grands éléments.

Grâce à un concours heureux de circonstances, j'ai pu étudier un nombre considérable de vieux Poiriers dans un très grand jardin abandonné sans culture depuis plusieurs années. J'ai décapité une certaine quantité de pyramides de Poiriers greffés sur Coignassier, et j'ai obtenu cette année, au niveau du bourrelet, une pousse de Coignassier pur et cinq pousses de *Pirocydonia* offrant une grande analogie avec le *Pirocydonia Danieli* Hans Winkler, obtenu par le même procédé en 1901-1902.

J'ai trouvé, dans ce même jardin, sur un vieux Poirier cultivé en U, abandonné à lui-même et poussant mal, un nouvel hybride de greffe très curieux. A 5cm ou 6cm du bourrelet, sur une racine de Coignassier et à 6cm ou 7cm du tronc du sujet, un drageon est né en 1912 et s'est ramifié en 1913, en donnant des pousses très velues, ayant un aspect très particulier. Les feuilles étaient beaucoup plus velues que chez le Coignassier et leur teinte était différente; au lieu d'être cordiformes comme dans le Coignassier elles étaient lancéolées et acuminées à la façon du Poirier. A la fin de la végétation, les poils feutrés tombaient par places, et l'épiderme ressemblait à celui du Poirier plutôt qu'à celui du Coignassier. Le pédoncule était court comme dans le Coignassier. Comme pour bien démontrer la nature hybride de ce drageon, une autre racine de Coignassier née plus près du bourrelet avait donné des drageons de Coignassier pur.

L'anatomie montre une structure analogue à celle du Coignassier, avec poils beaucoup plus abondants; de même les cristaux d'oxalate de chaux sont en nombre beaucoup plus considérable que chez les deux parents. L'épaisseur de la feuille est au contraire plus faible, ainsi que ses dimensions générales vue par transparence, la feuille de l'hybride présente une teinte plus ou moins intermédiaire entre le Poirier et le Coignassier.

Ce nouvel hybride est intéressant à plusieurs points de vue :

1° Au sujet de son origine, car il est le premier hybride de greffe né sur le sujet au-dessus du bourrelet, dont l'origine ait été contrôlée (2), les

(1) Lucien Daniel, *La greffe mixte* (*Comptes rendus*, 1897).

(2) J'ai fait voir cet hybride de greffe, le 21 octobre 1913, en nature, à M. Bois, assistant au Muséum et à M. André, architecte-paysagiste à Paris, qui étaient de passage à Rennes, et qui m'ont autorisé à invoquer au besoin leur témoignage.

hybrides de greffe n'apparaissent donc pas exclusivement, comme on l'a prétendu, sur le bourrelet lui-même.

2° Au sujet de la transmission des caractères des parents, certains de ces caractères étant *renforcés* (villosité, cristaux) comme chez les hybrides sexuels renforcés. C'est le premier exemple de ce genre, et il montre bien, comme je l'ai fait ressortir depuis longtemps, l'analogie qui existe entre l'hybridation par greffe et l'hybridation sexuelle au point de vue de la transmission des caractères parentaux.

3° On ne peut donc, par l'hypothèse des *Chimères* (E. Baur), basée exclusivement sur la disposition en *mosaïque* des caractères des parents, expliquer les hybrides de greffe, puisque certains d'entre eux ont des caractères nettement *intermédiaires* entre les associés, et d'autres des caractères *renforcés*. D'ailleurs, si cette hypothèse était exacte, elle ne saurait différencier les hybrides de greffe des hybrides sexuels, car certains de ces derniers présentent aussi les dispositions sectoriale ou périclinale et seraient ainsi des Chimères.

BOTANIQUE. — *Sur les dispositifs de l'absorption de l'eau dans le capitule femelle et le disque mâle des* Marchantiées. Note de M. **Robert Douin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

I. *Capitule femelle.* — Le capitule est porté par un pédoncule qui dans la plupart des *Marchantiées* possède un ou deux sillons longitudinaux remplis de poils absorbants. Divers auteurs ont signalé que ces poils naissaient dans des cavités du chapeau. Mirbel [1], puis Kny [2] se sont occupés du *Marchantia polymorpha*, Cavers [3] du *Reboulia* et du *Preissia*, et enfin Bolleter [4] du *Fegatella*. Mais on n'a pas encore étudié le chemin suivi par les poils absorbants, lequel présente cependant de curieuses particularités.

---

(1) Mirbel, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le* Marchantia polymorpha (*Mém. de l'Acad. de Paris*, t. XIII, 1835, p. 337).

(2) Kny, *Bau und Entwickelung von* Marchantia polymorpha (*S. A. aus dem Text der VIII Abt. der Bot. Wandtaf*, Berlin, 1890, p. 364-401).

(3) Cavers, *Contribution to the biology of Hepaticæ, Targionia, Reboulia, Pressia* (Leeds, 1904, in-8°, p. 47, avec fig.).

(4) Bolleter, *Fegatella conica* (*Bot. Centralblatt*, Beihefte XVIII, 1905, Abt. 1, p. 307-408, 2 Taf.).

A. Pédoncule a un seul sillon. — Premier type : *Grimaldia dichotoma.* — Le capitule présente des sporogones alternant avec des cavités arrondies, dont une toujours située postérieurement dans le plan du sillon donne naissance à trois faisceaux de poils absorbants : un faisceau allant au sol par le sillon, deux faisceaux latéraux qui en tournant autour du pédoncule rejoignent ceux qui sont issus des cavités voisines.

A ce type se rattachent les genres *Fimbriaria*, *Reboulia*, *Neesiella* et enfin *Sauteria* qui possède un capitule peu développé et ne renferme pas de cavités différenciées, les poils naissant sous le chapeau dans les espaces interinvolucraux.

Les poils absorbants qui tournent autour du pédoncule sont toujours protégés contre la dessiccation, soit par un repli du chapeau (*Fimbriaria pilosa*), soit par un bourrelet du pédoncule (*Grimaldia dichotoma*), soit enfin par une collerette divisée inférieurement en lanières (*Reboulia*, *Sauteria*, *Fimbriaria Lindbergiana*).

Deuxième type : *Fegatella conica.* — Dans le *Fegatella*, les poils absorbants naissent au voisinage de l'insertion du chapeau sur le pédoncule dans trois excavations séparées par les points d'attache du capitule, excavations qui vont en s'élargissant vers leur base jusqu'à communiquer entre elles. Les uns vont dans le sillon, les autres vont se mêler à ceux qui sont nés de la surface interne du capitule : le tout forme un feutrage cylindrique autour du pédoncule, dans sa partie étroitement enserrée par le chapeau, feutrage dont la plupart des poils finissent par pendre verticalement. Cette masse de poils est en contact et avec les parois du capitule et avec les poils du sillon issus de l'excavation postérieure.

B. Pédoncule a deux sillons. — Troisième type : *Peltolepis grandis.* — Le *Peltolepis* est intermédiaire entre les *Marchantiées* à un sillon et celles à deux sillons. Le capitule et les cavités sont identiques à celles des *Sauteria;* il y a normalement cinq involucres et autant de régions pilifères. Les deux sillons reçoivent chacun trois faisceaux : la cavité postérieure, seule, envoie un faisceau dans chacun des sillons. De plus, les communications entre cavités sont rudimentaires, sauf entre les deux antérieures.

Quatrième type : *Preissia commutata.* — Dans ce type ainsi que dans le suivant, les cavités sont largement ouvertes inférieurement; les poils absorbants sont protégés contre la sécheresse par le rapprochement des bords des cavités variant avec l'état hygrométrique, et par de nombreuses écailles se détachant du pédoncule, entremêlées de quelques poils absorbants.

Chaque sillon devient double, et s'ouvre largement vers le sommet : il y a donc quatre sillons géminés. Le capitule renferme quatre cavités allongées donnant chacune quatre faisceaux de poils absorbants dont deux se rendent aux sillons, tandis que les autres assurent la communication avec les cavités voisines.

Dans les cavités postérieure et antérieure, les faisceaux de droite se rendent aux moitiés postérieure et antérieure du sillon droit, les faisceaux de gauche aux moitiés correspondantes du sillon gauche. Dans les cavités latérales, les deux faisceaux se rendent respectivement dans chaque moitié du même sillon.

A ce type se rattache le *Bucegia romanica.*

Cinquième type : *Marchantia polymorpha.* — Le chapeau du *Marchantia* est con-

struit sur le plan de celui du *Preissia*, et présente normalement neuf digitations avec autant de cavités : une postérieure que nous appellerons a et huit latérales b, c, d, e, b', c', d', e'. Les cavités a, b, c et a', b', c' envoient chacune un faisceau dans la moitié postérieure du sillon correspondant; les cavités c, d, e et c', d', e' envoient également chacune un faisceau dans les moitiés antérieures des mêmes sillons. De plus, toutes les cavités sauf e et e' communiquent entre elles par des faisceaux très réduits de poils absorbants. Les cavités a, c et c' sont, par leurs quatre faisceaux, identiques à celles du *Preissia;* les cavités b et b', d et d' n'ont que trois faisceaux, tandis que dans e et e' il n'y en a plus que deux, car elles correspondent à la cavité antérieure du *Preissia* dédoublée : en effet, elles ne communiquent pas entre elles par des faisceaux de poils.

II. *Disque mâle* (*pédoncule à deux sillons*). — Ces disques mâles sont tout à fait comparables au thalle.

Premier type : *Preissia commutata.* — A la face inférieure et postérieure du disque, on voit de nombreux poils formant quatre rangées peu distinctes, qui se rendent deux par deux dans chaque sillon. La face opposée en est dépourvue. Ces poils absorbants sont protégés par des écailles, qui ne sont que le prolongement des ailes bordant les sillons.

Deuxième type : *Marchantia polymorpha.* — Le disque a huit lobes sous lesquels naissent des faisceaux de poils absorbants protégés par des écailles disposées comme celles du thalle. Les deux sillons sont très élargis en approchant du disque et nettement bigéminés, chaque moitié recevant les deux faisceau situés en face d'elle.

III. *Symétrie.* — Les capitules femelles et les disques mâles pédonculés ont une symétrie bilatérale indiscutable, parfois seulement une apparence de symétrie axiale.

IV. Au point de vue physiologique, nous distinguerons trois dispositifs d'absorption :

Dans le premier, l'eau monte d'abord à la cavité postérieure, puis de là se répand dans les autres par l'intermédiaire des faisceaux latéraux (premier type décrit).

Dans le deuxième dispositif tout à fait spécial (*Fegatella*), le capitule est partout en contact avec le feutrage cylindrique de poils absorbants signalé.

Enfin dans le troisième (*Marchantiées* à deux sillons), l'eau se partage directement entre les cavités.

En résumé les capitules femelles et les disques mâles des *Marchantiées* présentent trois dispositifs d'absorption de l'eau de plus en plus parfaits correspondant à des appareils appropriés.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches cytologiques sur la formation des pigments anthocyaniques.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

I. Dans une Note antérieure, nous avons démontré que le pigment anthocyanique qui apparaît dans les jeunes feuilles de Rosier et de Noyer est le produit de l'activité des mitochondries.

II. Une étude plus approfondie de l'élaboration de l'anthocyane sur le vivant dans les jeunes feuilles de Rosier nous a permis d'observer des particularités très intéressantes qui éclairent la question du mécanisme de la formation du pigment.

Nous avons dit antérieurement qu'examinée sur le frais une feuille très jeune de Rosier permet de suivre avec une admirable netteté tous les processus de la formation de l'anthocyane qui commence à apparaître dans les dents de la feuille. En suivant une dent de son extrémité supérieure à sa base, on observe d'abord, comme nous l'avons montré, des cellules où les chondriocontes se localisent autour du noyau qui occupe le centre, puis s'imprègnent de pigment rouge. Un peu plus bas dans la dent, les chondriocontes prennent la forme d'haltères et finalement chaque haltère se coupe par le milieu en deux sphérules pigmentaires qui grossissent, puis émigrent dans de petites vacuoles préformées dans la cellule où elles se dissolvent. Enfin, à la base de la dent, ces vacuoles se fusionnent en une unique et énorme vacuole uniformément colorée en rouge qui refoule le noyau à la périphérie de la cellule.

Un fait, très important et qui avait passé inaperçu jusqu'ici, est que la formation de l'anthocyane dans les dents d'une même feuille peut s'effectuer d'une manière très irrégulière.

Le mode que nous venons de décrire, où les chondriocontes s'imprègnent dès le début d'un composé phénolique coloré, paraît le plus fréquent. Mais à côté, on trouve très souvent, dans une même feuille, des dents où les chondriocontes élaborent, de la même manière que dans le cas précédent, un composé phénolique incolore qui ne prend le caractère de pigment qu'un peu plus tard. Les chondriocontes qui renferment ce composé se distinguent facilement de ceux qui en sont encore dépourvus par le fait qu'ils ont un aspect brillant et sont beaucoup plus nettement visibles. On peut d'ailleurs y révéler, sous le microscope, la présence du composé phénolique, et cela sans employer les sels ferriques qui altèrent le contenu cellulaire : il suffit pour cela d'introduire dans la préparation une solution très diluée de bleu de méthylène qui peu à peu, se fixe sur le composé phénolique renfermé dans les chondriocontes. On peut aussi faire passer dans la préparation un courant d'une solution d'acide osmique qui brunit fortement le composé phénolique.

Enfin on peut rencontrer fréquemment des dents où le composé phénolique ne se

pigmente qu'à un stade plus tardif, dans les grosses sphérules dérivées des chondriocontes, un peu avant leur dissolution dans les vacuoles. Exceptionnellement d'ailleurs, il nous est arrivé d'observer des dents où le composé phénolique restait absolument incolore, même une fois dissous dans la vacuole.

III. Nos recherches nous ont permis d'étendre nos résultats et de constater l'origine mitochondriale de l'anthocyane non seulement dans divers organes jeunes d'autres végétaux, mais dans le rougissement automnal et dans la pigmentation des fleurs.

a. Les plantules de Ricin, après quelques jours de germination, produisent beaucoup d'anthocyane dans diverses cellules de cotylédons, des jeunes feuilles, de l'axe hypocotylé et de la radicule. L'examen des préparations fixées et colorées par la méthode de Regaud montre qu'ici encore le pigment est élaboré au sein de chondriocontes.

L'observation de ce processus sur le vivant, bien que difficile à réaliser, permet de se rendre compte que l'anthocyane se forme ici aussi d'une manière un peu irrégulière : elle apparaît généralement directement à l'état de pigment dans les mitochondries, mais, dans certains cas, elle est précédée de la formation d'un composé phénolique incolore qui se pigmente ultérieurement pendant sa croissance dans la mitochondrie. Dans quelques cas, il nous est arrivé de rencontrer des plantules qui ne rougissaient pas et formaient cependant, dans les cellules qui auraient dû renfermer de l'anthocyane, un composé phénolique incolore.

b. Dans les cellules du méristème du liège des jeunes tubercules de certaines variétés de Pomme de terre, on observe un pigment anthocyanique qui ici est élaboré au sein de mitochondries granuleuses et tout à fait comme l'amidon qui se forme dans les autres tissus du tubercule. Ces mitochondries se transforment en vésicules constituées par le pigment (colorable en jaune par le bichromate de potassium employé dans la fixation par la méthode de Regaud), entouré par une écorce mitochondriale.

c. L'élaboration du pigment dans le rougissement automnal des feuilles est plus difficile à suivre parce qu'ici l'anthocyane se forme beaucoup plus rapidement. Néanmoins, l'observation de feuilles d'*Ampelopsis Veitchii* commençant à rougir nous a montré par la méthode de Regaud, à côté de cellules où le pigment était déjà dissous dans la vacuole, d'autres cellules où le pigment apparaissait au sein de mitochondries granuleuses ou en bâtonnets courts, ce qui prouve qu'ici encore le pigment se forme de la même manière.

d. L'étude sur le vivant de la formation du pigment anthocyanique dans la fleur d'*Iris germanica* nous a permis de vérifier les observations récentes de Politis et de constater que l'anthocyane apparaît d'une manière un peu différente des cas précédents dans un petit corpuscule sphérique unique par cellule, qui se pigmente, grossit, puis s'introduit dans la vacuole où il se dissout. Les résultats obtenus par la méthode de Regaud semblent montrer que ce corpuscule a une origine mitochondriale et ne résulte pas, comme l'admet Politis, d'une néoformation cytoplasmique.

IV. On sait, par nos recherches antérieures, que les poils sécréteurs des feuilles de Noyer renferment un composé phénolique incolore qui naît dans l'intérieur de chondriocontes tout comme le pigment anthocyanique des autres cellules. De nouvelles observations nous ont montré l'existence, dans diverses cellules parenchymateuses des jeunes feuilles et des jeunes tiges de Noyer et de Rosier, de nombreux composés phénoliques incolores, jaunissant par le bichromate de potassium et noircissant par les sels ferriques, qui ont la même origine mitochondriale que les pigments anthocyaniques.

V. Nos recherches démontrent donc :

1° Que les pigments anthocyaniques et les composés phénoliques incolores sont toujours le produit de l'activité des mitochondries;

2° Que les pigments anthocyaniques apparaissent en général directement au sein des mitochondries à l'état de pigments, mais peuvent aussi, assez souvent cependant, naître indirectement d'abord sous forme d'un composé phénolique incolore qui se transforme peu à peu en pigment au cours de son développement dans la mitochondrie.

Ces résultats sont en parfait accord avec les résultats obtenus, par des méthodes biochimiques, par Raoul Combes et V. Grafe. Ils montrent que l'anthocyane, contrairement à ce qu'on admettait jusqu'ici, se forme en général de toute pièce. Cependant, contrairement à l'opinion trop exclusive de Grafe, l'anthocyane peut aussi, dans certains cas, résulter de la transformation de composés phénoliques incolores.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Production expérimentale d'une anthocyane identique à celle qui se forme dans les feuilles rouges en automne, en partant d'un composé extrait des feuilles vertes.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

A la suite de mes recherches sur la variation des composés hydrocarbonés et sur la nature des échanges gazeux dans les plantes au cours de la formation des pigments anthocyaniques, je fus amené à penser que l'étude des phénomènes qui accompagnent la pigmentation était peu susceptible, à elle seule, d'aboutir à la découverte du mécanisme de ce phénomène. J'entrepris donc d'aborder l'étude directe de la formation des pigments et non plus celle des phénomènes qui accompagnent cette formation.

Ou bien la formation des pigments anthocyaniques, dans les feuilles par

exemple, résulte de la *modification d'un phénomène continu* qui a lieu dans ces organes pendant toute leur existence, ou bien cette formation est un *phénomène nouveau* pour la feuille, et ne pouvant être comparé à aucun des phénomènes qui ont lieu dans cette partie de la plante lorsqu'elle vit normalement.

Si la pigmentation résulte de la modification d'un phénomène continu, il y a lieu de penser que, le phénomène modifié aboutissant à la formation de l'anthocyane, le phénomène non modifié doit aboutir à la production d'un autre composé présentant des relations plus ou moins étroites avec le pigment rouge. On doit donc trouver, dans les cellules des feuilles vertes, qui renfermeraient de l'anthocyane si les conditions nécessaires à sa production étaient réalisées, une substance voisine de ce pigment. Au contraire, si la pigmentation est un phénomène nouveau pour l'organe, les cellules des feuilles vertes dont il vient d'être question ne doivent pas renfermer de tels composés.

Il résultait de mes recherches microchimiques sur les feuilles d'*Ampelopsis hederacea* que la première de ces deux hypothèses paraissait vraisemblable. Les cellules des feuilles vertes correspondant aux cellules qui renferment l'anthocyane dans les feuilles rouges contiennent une substance non colorée en rouge mais susceptible, comme l'anthocyane, d'être précipitée par l'acétate neutre de plomb.

J'établis alors le programme de recherches suivant, qui me semblait devoir conduire, si les résultats obtenus étaient positifs, à donner à l'hypothèse ci-dessus la valeur d'un fait nettement établi et à découvrir le mécanisme chimique de la formation des pigments anthocyaniques :

1° Isoler à l'état pur le composé voisin de l'anthocyane qui semble être contenu dans les feuilles vertes vivant dans des conditions normales.

2° Isoler à l'état pur le pigment anthocyanique qui se trouve dans les feuilles ayant rougi à la suite de la modification des conditions normales de végétation.

3° Établir les différences existant entre la composition chimique des deux corps et entre leurs propriétés.

Connaissant les différences existant entre les deux corps, on pourrait en déduire les différences existant entre les phénomènes qui ont produit chacun de ces corps, et par conséquent définir, au point de vue chimique, la manière dont le premier phénomène a été modifié pour constituer le second.

4° Enfin, en se basant sur les différences chimiques existant entre les deux corps, transformer en anthocyane, en dehors de l'organisme, le composé non coloré en rouge extrait des feuilles vertes.

J'avais résolu en partie le premier point de ce problème en extrayant, des

feuilles vertes d'*Ampelopsis*, un composé qui a été obtenu en rosettes d'aiguilles d'un jaune brun, et qui fournit un précipité jaune par l'acétate neutre de plomb ([1]).

Le deuxième point (extraction du pigment anthocyanique des feuilles rouges) a trouvé sa solution au cours de ces mêmes recherches.

L'étude du troisième point (détermination des propriétés et de la composition des deux corps) a fait l'objet de mes travaux pendant ces dernières années.

En étudiant les propriétés du composé jaune brun, j'ai été amené, plus tôt que je ne m'y attendais, à trouver la solution de la quatrième partie du problème que je m'étais posé, c'est-à-dire à réaliser la transformation de ce composé jaune brun, contenu dans les feuilles vertes, en un composé rouge identique au pigment anthocyanique contenu dans les feuilles rouges.

La solution dans l'alcool à 90° du composé jaune brun, acidifiée par l'acide chlorhydrique et soumise à l'action de l'hydrogène naissant fourni par l'amalgame de sodium, prend progressivement une coloration rose violacé qui devient de plus en plus foncée. Filtrée et neutralisée, la liqueur obtenue fournit par évaporation une substance pourpre.

Ce corps, comme l'anthocyane naturelle extraite des feuilles rouges, cristallise en aiguilles pourpres groupées en rosettes. Après deux cristallisations dans l'alcool et trois cristallisations dans l'eau, le pigment artificiel obtenu en partant du composé jaune naturel, aussi bien que le pigment anthocyanique naturel, commencent à se décomposer au bloc Maquenne à 165°; la fusion instantanée a lieu à 212°-215°, tandis que le composé jaune commence à se décomposer à 182°, et fond instantanément à 226°-229°. Le pigment rouge artificiel et le pigment rouge naturel sont plus solubles dans l'eau que le composé jaune brun. Leur solution étendue dans l'alcool est faiblement colorée en rose violacé; elle devient d'un rose vif par addition d'une goutte d'acide chlorhydrique et vire au vert, puis au jaune brun, par alcalinisation au moyen de la soude ou de l'ammoniaque; avec la baryte, un trouble apparaît en outre et il y a formation d'un précipité jaune orangé paraissant identique à celui qu'on obtient avec le composé jaune brun. Les deux corps sont précipités en vert par l'acétate neutre de plomb, en vert jaunâtre par l'acétate basique, en

---

([1]) RAOUL COMBES, *Recherches sur la formation des pigments anthocyaniques* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 886).

vert noirâtre par le chlorure ferrique. Ils ne sont pas précipités par le sulfate de zinc, le sulfate de cuivre, l'antipyrine ou la caféine. Tous deux, dissous dans l'eau ou l'alcool, fournissent des solutions qui, additionnées de bisulfite de soude, sont complètement décolorées; l'acidification par l'acide sulfurique fait réapparaître la coloration rose.

L'identité du point de début de décomposition et du point de fusion, ainsi que l'identité des réactions obtenues, permettent de prévoir que la substance pourpre, préparée en partant du composé jaune brun contenu dans les feuilles vertes, est identique à l'anthocyane contenue dans les feuilles rouges. L'étude de la composition des deux corps complétera ces résultats.

La production expérimentale d'une anthocyane peut donc être considérée comme réalisée. Ce résultat permet d'entrevoir comme très proche la solution du problème de la formation des pigments anthocyaniques posé depuis plus de 120 ans et qui fut abordé par de nombreux physiologistes. On sait que dans toutes les hypothèses relatives à cette question, formulées depuis 1825, la pigmentation a toujours été considérée comme un phénomène d'oxydation; cette opinion ne peut plus être soutenue, puisqu'il apparaît que l'anthocyane des feuilles rouges prend naissance lorsque le composé correspondant contenu dans les feuilles vertes est soumis à l'hydrogène naissant, c'est-à-dire dans un milieu qui est au contraire réducteur.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence du mercure sur la fermentation alcoolique.* Note de M. **P. Nottin**, présentée par M. Müntz.

MM. Lindet et Ammann ([1]), au cours d'un travail dans lequel ils ont étudié l'influence de la pression sur la fermentation alcoolique, ont été amenés à mettre des moûts sucrés au contact du mercure; ils ont constaté qu'en présence de ce métal la fermentation se déclare plus lentement, mais donne lieu à une production de levure plus abondante que dans les conditions ordinaires. Sur les conseils de M. Lindet, j'ai étudié ce double phénomène.

Parmi les premières expériences, certaines ont fourni des résultats contradictoires : ils se produisent quand on dose la levure dans des moûts qui ne sont pas au même stade de leur fermentation; en effet, dès que la production d'alcool est terminée, le poids de levure diminue, même en pré-

([1]) *Bulletin de la Société chimique*, t. XI, 1912, p. 953.

sence d'un excès de sucre. Il faut donc éviter de comparer les moûts avec ou sans mercure, en se basant sur le temps écoulé depuis l'ensemencement, puisque les sels de mercure occasionnent un retard de 24 heures environ; on doit au contraire considérer les fermentations au même degré d'avancement, par exemple celles où la quantité d'alcool formé est la même. Lorsqu'on évite cette cause d'erreur, les faits observés par MM. Lindet et Ammann se confirment, et l'on constate :

1° Que le retard est dû à la formation des sels de mercure par le contact plus ou moins prolongé du métal avec le moût de touraillons, naturellement acide, servant de milieu de culture;

2° Que le mercure, en qualité de métal, augmente la production de levure parce qu'il désature continuellement le moût de son acide carbonique par un phénomène d'ordre purement physique;

3° Que la présence du mercure et de ses sels n'a aucune action marquée sur la zymase et sur la fonction ferment de la levure.

I. Les sels de mercure formés dans les conditions de nos expériences n'ont pu être décelés par les méthodes usuelles de l'analyse chimique, mais leur présence se manifeste par leur influence sur la levure, bien connue depuis les travaux de Dumas, Schulz, Biernacki, Mann et Bokorny. Si l'on augmente la dose des sels de mercure, soit en préparant les milieux de culture un mois avant l'ensemencement, soit en acidifiant légèrement le moût, la fermentation est encore plus lente à se déclarer, et le développement de la levure peut même être entravé presque complètement.

II. Pour distinguer l'influence du mercure sur la fonction végétative de la levure et sur sa fonction ferment, j'ai utilisé une série de fioles, avec ou sans mercure, identiques d'autre part et ensemencées comparativement le même jour. La régularité de la fermentation d'une même série était constatée par la perte de poids des fioles, déterminée plusieurs fois par jour. Les fioles étaient analysées successivement, de façon à suivre le développement de la levure et les variations des produits au cours de la fermentation. Plusieurs concentrations ont été essayées. La proportion de levure formée pour 100 d'alcool est, pendant toute la durée de la fermentation, supérieure dans le cas d'addition de mercure; c'est ainsi que j'ai obtenu pour cette valeur, en présence du mercure : 13,6; 5,8; 4,4, alors qu'aux mêmes stades, en l'absence de mercure, les chiffres se sont montrés plus faibles : 8,7; 4,6; 3,4. D'autres expériences ont permis de constater que la récolte de la levure augmente comme la surface de contact entre le moût et le mercure.

Tous ces faits s'expliquent aisément si l'on dose l'acide carbonique qui, contenu dans les moûts soit en dissolution, soit en sursaturation, gêne la prolifération de la levure. La méthode publiée par M. Dejeanne [1] permet d'effectuer ce dosage très facilement et très correctement; ici encore, il y a lieu de comparer les fermentations lorsque la quantité d'alcool formé est la même, car la proportion d'acide carbonique dissous varie au cours de la fermentation. On constate alors que, dans les fermentations en présence du mercure, le liquide contient moins d'acide carbonique que celui fermenté en l'absence de métal, par exemple $0^g,062$ pour 100 avec mercure, contre $0^g,224$ sans mercure. L'augmentation du poids de levure par le mercure est bien due à la présence d'un métal dans le moût; le platine, qu'on peut considérer comme inattaquable, détermine le même accroissement de récolte dès le début du développement. Les matières poreuses, telles que le Kieselguhr et le papier à filtres, produisent le même résultat. Mais avec ces corps la fermentation se déclare aussi vite qu'en leur absence : ceci montre que le retard occasionné par le mercure est uniquement attribuable aux sels toxiques formés.

III. Les dosages de sucre, effectués au cours de ces recherches, ont permis de calculer le rapport $\frac{\text{glucose disparu}}{\text{lévulose disparu}}$, que M. Lindet [2] a appelé *rapport de consommation*. Cette valeur, qui caractérise le pouvoir électif de la levure vis-à-vis des deux sucres provenant du dédoublement de saccharose, n'est pas changée par la présence du mercure ou du platine dans le moût, à condition de comparer les fermentations au même état d'avancement. Ce rapport de consommation a varié, du début à la fin d'une fermentation, de 3,5 à 2,7 en présence du mercure et de 3,2 à 2,8 en l'absence de métal.

Si l'on met un moût sucré au contact de levure toute développée, en quantité telle qu'elle n'ait plus de tendance sensible à proliférer, on n'observe aucune différence appréciable entre la fermentation du moût naturel, celle du moût au contact du mercure, et celle d'un moût contenant les sels de mercure pouvant exister dans la fiole précédente.

En résumé, le phénomène observé par MM. Lindet et Ammann est dû à des actions essentiellement mécaniques; si la dose des sels de mercure, dont on ne peut éviter la formation, n'est pas trop élevée, le mercure agit comme agent solide, détruisant la sursaturation de l'acide carbonique, permettant

(1) *Bulletin de la Société chimique*, t. XIII, 1913, p. 556.

(2) *Annales de l'Institut national agronomique*, 1911, p. 49.

à la levure de mieux respirer et par conséquent de mieux végéter. D'autre part, les sels et le métal ne semblent avoir aucune action ni sur la fonction ferment, ni sur le pouvoir électif [1].

MÉDECINE. — *De la transmission de la fièvre typhoïde par l'air.* Note de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note intitulée : *Sur les conditions de transport des microbes par l'air* et présentée à l'Académie des Sciences, le 3 novembre dernier, MM. A. Trillat et M. Fouassier, après avoir rappelé les expériences anciennes de Flugge, de Naegeli et celles plus récentes qu'ils avaient fait paraître dans les *Comptes rendus*, émettent l'hypothèse que des vésicules d'eau assez fines pour échapper à l'action de la pesanteur en demeurant en suspension dans l'atmosphère sont susceptibles d'entraîner des germes microbiens à de certaines distances; ces gouttelettes peuvent être transformées en autant de petits bouillons de culture microscopiques et cette conclusion explique, disent les auteurs en terminant, *comment peut se généraliser la contamination de l'air dans un espace clos et tranquille uniquement sous l'influence du mouvement imperceptible de vésicules d'eau invisibles qui constituent l'humidité.*

Dans la Conférence faite au Congrès d'Hygiène et de Démographie de Vienne, en 1887, Brouardel a été le premier à admettre que l'air humide pourrait bien être, dans certaines conditions, le véhicule des germes de la fièvre typhoïde.

Les observations de Liebermeister, de Gielt, de Landouzy, de Brouardel et Chantemesse, pour ne citer que les plus connues, démontrent que l'air peut transporter les germes typhiques.

Ayant été chargé, en 1888, comme préparateur de Brouardel, de faire une enquête sur l'origine d'une épidémie de maison, nous avons été conduit à rechercher par quel mécanisme les émanations d'une fosse d'aisances contenant des déjections de typhique avaient pu provoquer l'éclosion de plusieurs cas de pneumotyphoïde.

Nous ne pouvons songer à énumérer ici les raisons qui semblaient justifier l'hypothèse de la contagion par l'air; quoi qu'il en soit, ce fut là un sujet qui nous occupa pendant de longs mois, et le résultat de nos expé-

(1) Un Mémoire détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

riences fut que l'air chargé de vapeur d'eau à l'état vésiculaire, comme on peut l'obtenir expérimentalement par détente, pouvait devenir le véhicule de germes microbiens, en particulier du bacille d'Eberth, et les transporter à des distances plus ou moins considérables [1].

La question fut reprise par le Dr Lassime en 1890 et l'auteur conclut à son tour à la possibilité de la contagion par l'air, dans les conditions que nous avions énoncées [2]. Enfin le Dr Sicard, dans un travail original couronné par l'Académie de Médecine, après avoir fait un historique complet des observations relatives à la question de la contagion par l'air, après avoir répété quelques-unes des expériences du Dr Lassime, concluait à son tour que l'air humide pouvait, dans certaines conditions, servir à transporter des germes microbiens et provoquer ainsi l'éclosion de foyers de fièvre typhoïde dont l'origine serait inexplicable autrement [3]. Comme on le voit, les expériences de MM. Trillat et Fouassier confirment l'hypothèse, que nous avions émise en 1889, que la vapeur d'eau à l'état vésiculaire pouvait devenir le moyen de propagation de certaines maladies épidémiques.

MÉDECINE. — *Vaccins stables et atoxiques à propos d'un vaccin antigonococcique.* Note de MM. **Ch. Nicolle** et **L. Blaizot**, présentée par M. E. Roux.

I. Vivants, les virus et les cultures microbiennes constituent les vaccins les plus actifs. S'il était possible de les conserver dans l'état même où on les obtient dans les laboratoires, le problème de la préparation des vaccins se trouverait singulièrement simplifié. Or, un tel état est essentiellement temporaire. Dans l'eau physiologique qui leur sert de véhicule, certains microbes continuent à se multiplier; tôt ou tard, tous meurent, dégénèrent et s'autolysent. Un vaccin vivant n'est donc pas un vaccin stable.

D'autre part, les procédés employés jusqu'à présent pour supprimer la vitalité des microbes (chaleur, éther, etc.) coagulent brutalement ceux-ci et cette altération notable ne met pas les cadavres microbiens à l'abri de l'autolyse ultérieure.

---

(1) Mémoire couronné par la Faculté de Médecine de Paris, 1889. Prix Montyon.

(2) Dr Lassime, *Thèse de Doctorat*, 1890.

(3) Dr Sicard, *Semaine médicale*, 1892.

Supprimer la vitalité des microbes en réduisant au minimum leur altération, obtenir leur conservation sous leur forme originelle, telles sont les conditions qui nous ont paru nécessaires à la préparation d'un vaccin.

Nous pensons qu'elles se trouvent remplies par l'emploi des solutions fluorurées. Émulsionnés dans une solution de fluorure de sodium à 7 pour 1000, les microbes meurent après des temps variables suivant la température et l'espèce; leur altération est faible (Effront, puis Arthus et Huber ont montré que les fluorures ne coagulent pas l'albumine); d'autre part, le fluorure s'opposant à l'autolyse, les cadavres microbiens se conservent longtemps avec leur forme et leurs réactions tinctoriales.

II. La toxicité des vaccins constitue l'écueil principal à leur emploi. Elle est particulièrement marquée en ce qui concerne le gonocoque. Vivant (qu'il ait été ou non sensibilisé), tué par l'éther ou la chaleur, ce microbe détermine une réaction violente. On peut l'atténuer dans une certaine mesure en habituant le gonocoque à vivre sur des milieux privés de peptone et de plus en plus pauvres en sérum; le séjour du microbe dans notre milieu conservateur amène encore une baisse de cette toxicité. Toutefois, la solution du problème fut demeurée, entre nos mains, incomplète si une aide inattendue ne nous était venue d'une autre part.

L'action inconstante des vaccins gonococciques ordinaires sur l'écoulement uréthral nous avait conduit à rechercher si, dans le pus blennorrhagique, il n'existait pas, à côté du gonocoque, des bactéries associées jouant un rôle dans l'infection et vis-à-vis desquelles il serait utile également de préparer un vaccin. Une de ces bactéries est particulièrement répandue; c'est un coccus, très analogue au gonocoque, poussant de même façon sur la gélose au sang, mais s'en distinguant par son développement abondant sur les milieux sans sérum, par un pigment orangé et surtout parce qu'il se colore par la méthode de Gram. Inoculé à l'homme, ce microbe ne provoque aucune réaction et, fait imprévu, il montre, vis-à-vis de la blennorrhagie, la même action curative que les vaccins gonococciques. Ce qu'est ce microbe, nous l'ignorons; il semble bien, malgré ses réactions tinctoriales différentes, que sa spécificité d'action le rapproche du gonocoque.

III. Notre vaccin antigonococcique a bénéficié de ces diverses constatations. L'emploi du fluorure a permis d'obtenir un produit très analogue aux cultures vivantes et stable; le microbe associé, que nous nommons *synocoque*, de réaliser un vaccin atoxique.

La technique de préparation est la suivante : sur le milieu bouillon de viande 100; urée 0,40; glucose 2; phosphate d'ammoniaque 0,05; sel marin 1; agar 1,5; auquel on ajoute par tubes, pour 5^{cm^3} du milieu, un demi-centimètre cube de sérum de lapin; on ensemence un gonocoque légitime, entraîné à vivre sur des milieux de plus en plus pauvres en sérum; le synocoque est cultivé sur le même milieu sans sérum. Après 24 heures, nous retirons nos cultures de l'étuve; elles sont émulsionnées dans une solution de fluorure de sodium à 7 pour 1000, soumise séparément à des lavages et centrifugations successifs de façon à obtenir des microbes parfaitement isolés, puis mélangées dans les proportions de 9 parties de synocoques pour 1 partie de gonocoques et le mélange titré à 500 millions de microbes par centimètre cube. Un séjour de 48 heures à la glacière suffit pour détruire la vitalité du microbe.

La dose vaccinale est d'un demi-centimètre cube. En raison de la causticité légère de la solution fluorurée, nous conseillons de diluer le vaccin au moment de son emploi dans 1^{cm^3} d'eau salée physiologique et de pratiquer l'inoculation dans les muscles, de préférence à la sous-cutanée. A des doses infiniment plus élevées (plusieurs milliards de microbes), le synocoque seul ne serait pas toxique.

MÉDECINE. — *Les effets de l'hypersucrage du lait, dans le traitement des dyspepsies avec intolérance gastrique.* Note de MM. **Variot** et **Lavialle**, présentée par M. A. Gautier.

Nous avons soigné, avec du lait hypersucré au saccharose, plus d'une centaine de nourrissons dyspeptiques qui vomissaient tout ou partie de leurs tétées, et qui étaient incapables d'utiliser les laits ordinaires stérilisés par l'ébullition, et même les laits surchauffés et homogénéisés si utiles en général dans le traitement de l'hypotrophie et même dans la grande atrophie des nourrissons. Chez ces enfants, nous avons réussi à rétablir la tolérance gastrique et à régulariser les fonctions digestives, très vite, souvent du jour au lendemain. Les résultats ont été négatifs dans un nombre de cas très restreint.

Le lait condensé sur lequel ont porté nos premières observations est une pâte très molle, obtenue en évaporant dans le vide à basse température, jusqu'à consistance de miel, du lait additionné de 12 pour 100 de sucre.

Les rations, chez les nourrissons, étaient préparées de la façon suivante :

Lait condensé sucré.....	250^g
Eau bouillante..........	q. s. p. 1000^{cm^3}

Voici la composition chimique moyenne de ce mélange :

Eau	807,5
Extrait à 100°	192,5
Beurre	27,12
Caséine	21,25
Cendres	4,75
Phosphates	2,10
Lactose	28,55
Saccharose	99,40

Ce liquide doit être considéré comme un lait pauvre en éléments normaux, et riche en saccharose (100g de sucre de canne par litre).

Nous avons recherché si les propriétés anti-émétiques et eupeptiques de ce lait sont dues :

1° A quelque modification chimique apportée par la condensation du lait;

2° A une combinaison du sucre surajouté avec un des éléments normaux du lait, spécialement avec la caséine;

3° Au sucre de canne libre contenu dans le lait.

Nous avons constaté, par des observations multiples, que la condensation n'apporte par elle-même aucune propriété nouvelle, car le lait condensé non sucré est dépourvu d'action anti-émétique et peut ne pas être utilisé, alors que le lait condensé sucré est bien supporté.

L'existence possible d'une combinaison du sucre avec la caséine a fait l'objet de recherches prolongées que nous résumerons ainsi :

1° Soumis à la dialyse, le lait condensé sucré délayé dans l'eau abandonne à l'eau du cristallisoir la totalité du lactose et du saccharose, ce qui écarte déjà l'hypothèse d'une combinaison.

D'autre part, la liqueur restée sur la membrane du dialyseur, soumise à l'ébullition prolongée avec un acide dilué, donne un liquide qui, filtré et évaporé à un très faible volume, ne réduit pas la liqueur cupro-sodique.

Les dialyses ont toujours été effectuées en présence de chloroforme ou de thymol, qui rendaient impossibles la fermentation du sucre et sa disparition.

Nous en concluons que le sucre de canne est libre dans le lait condensé sucré employé.

2° La caséine retirée du lait de vache, mise en suspension dans l'eau distillée pure, en dissolution dans le carbonate d'ammoniaque sans excès de sel, ou dans la soude caustique très étendue, a donné lieu aux essais suivants :

Chacune des suspensions ou solutions a été divisée en deux portions égales, et l'une de ces deux portions seulement a été additionnée de sucre dans la proportion de 10 pour 100. L'ensemble des liqueurs sucrées et non sucrées a été soumis à l'action de diverses températures (80°, 100°, 108°) pendant des temps variables.

Après dissolution de la caséine en suspension, au moyen de soude, les liquides filtrés ont été ramenés au volume initial par addition d'eau distillée et examinés au polarimètre. Les résultats obtenus, comparés aux chiffres fournis par des liquides de même composition *non chauffés*, nous ont montré que les variations considérables (plusieurs degrés parfois), observées dans le pouvoir rotatoire de nos liqueurs, étaient dues exclusivement aux modifications subies par la caséine [1] sous l'influence de la chaleur, sans intervention du sucre.

Ces modifications profondes de la caséine sous l'influence de la surchauffe sont du reste confirmées par la plus grande solubilité de la caséine précipitée dans certains réactifs, tels que l'acide acétique cristallisable.

Nous formulons donc les conclusions suivantes :

1° Le sucre de canne, dans le lait hypersucré, ne contracte aucune combinaison avec la caséine; *il reste entièrement libre*, même après la surchauffe.

2° La molécule de la caséine ne subit pas, en présence du sucre, une modification plus avancée qu'en son absence.

3° C'est donc la surchauffe seule qui modifie la caséine.

4° Les propriétés anti-émétiques et eupeptiques du lait hypersucré nous paraissent dues exclusivement à la présence d'une forte proportion de sucre et au mode de préparation.

5° Nous avons eu la preuve directe du fait que les propriétés spéciales du lait condensé sucré sont dues simplement à l'hypersucrage, en ajoutant à du lait homogénéisé du saccharose en quantité égale à celle contenue dans le lait condensé, soit 10 pour 100.

Les résultats fournis par ce lait sucré non condensé, et surchauffé à 108°, ont été sensiblement les mêmes que ceux obtenus avec le lait condensé, c'est-à-dire : arrêt des vomissements, régularisation des fonctions gastro-intestinales et accroissement rapide du poids et de la taille. De plus, les sécrétions salivaires et gastriques deviennent plus abondantes. Il offre sur le lait condensé l'avantage d'être stérile.

---

(1) Lavialle et Longevialle, *Clinique infantile*, 1er septembre 1913.

Nous avons observé aussi, récemment, des effets très favorables de la médication hypersucrée, dans les affections douloureuses de l'estomac avec ou sans intolérance, chez des enfants du deuxième âge et même sur des adultes.

PHYSIOTHÉRAPIE. — *La posologie en physiothérapie; ergomètre donnant la puissance, les deux facteurs du travail mécanique et le nombre total de kilogrammètres produits par un sujet dans une séance d'ergothérapie active.* Note de M. **J. Bergonié**, présentée par M. d'Arsonval.

La Physiothérapie permet d'agir sur un état pathologique, non seulement en utilisant l'une des formes de l'énergie extérieure à l'organisme atteint, mais encore par les procédés qui accumulent, dissipent ou transforment l'énergie interne dont cet organisme est momentanément le dépositaire.

C'est ainsi que refroidir un organisme par la douche, le bain froid, le bain d'air, etc., obliger ses muscles à un travail volontaire ou involontaire (exercice électriquement provoqué), c'est augmenter la vitesse de dissipation de son énergie intrinsèque; tandis que mettre cet organisme au repos, le couvrir de vêtements, le faire hiverner dans le Midi, etc., c'est mettre obstacle à cette dissipation.

L'intensité de la vie moderne a augmenté les occasions de cette dissipation rapide et les applications de la Science ont accru les gains possibles ou les économies d'énergie. Les deux effets s'équilibreraient s'ils portaient sur un même sujet, mais ordinairement il n'y a pas simultanéité et les *ergopathies*, ou maladies dues à un défaut d'équilibre énergétique, s'accusent par dissipation exagérée ou recette trop grande d'énergie.

Aux *ergopathies* par excès, les plus faciles à guérir, car elles ne se compliquent qu'à la longue de lésions, on a opposé, un peu en dehors de la science officielle et avec succès, les divers *systèmes* d'exercice en chambre : le *naturisme* ou bain de plein air de longue durée, les lavages répétés du corps, la pratique des sports, les divers modes d'éducation physique, etc., dont le but commun et principal est *l'évacuation* d'nne plus grande quantité d'énergie.

Mais ces moyens, tous excellents quand ils sont appliqués avec art, n'en sont pas encore à la période des mesures scientifiques, et l'on n'a pas encore vu de prescription médicale portant par exemple :

Ajouter aux pertes énergétiques 350^{cal} et 40000^{kgm} par 24 heures.

A plus forte raison ne fait-on pas intervenir la notion de puissance.

C'est pour entrer dans cette voie que j'ai fait construire [1] l'appareil suivant, qui n'est autre qu'un *ergomètre* pour l'homme, destiné à commencer ces essais d'*ergothérapie* scientifique. C'est une machine à pédaler, reliée par chaîne à une dynamo-frein, à excitation séparée. Grâce à quatre instruments qui sont : 1° un indicateur de la vitesse de rotation des pédales; 2° un ampèremètre sur le circuit induit; 3° un wattmètre, et 4° un compteur d'électricité, on a directement (les corrections et transformations étant faites et les deux facteurs du travail pouvant varier indépendamment l'un de l'autre) : 1° la vitesse; 2° l'effort sur les pédales en kilogrammes; 3° la puissance développée à chaque instant; 4° la totalisation des kilogrammètres produits. Une sonnerie indique même le moment où le nombre de kilogrammètres à produire, fixé à l'avance, est atteint.

Avec cet instrument, la posologie de l'énergie à dissiper sous forme de travail mécanique peut être exactement fixée. Voici un exemple de prescription ergothérapique pouvant être remplie au moyen de l'appareil :

A produire : 3000^{kgm} avec un effort de $2^{kg},5$ et une vitesse de 80 tours par minute.
On trouve à l'ergomètre que la puissance développée est de $4^{kgm},5$ par seconde et que le temps employé est à peu près de 10 minutes pour la production de ce travail dans ces conditions.

Il y a encore beaucoup de considérations à envisager, à tenir compte par exemple de la dissipation de chaleur concomitante, etc. Mais voilà déjà tous les facteurs du travail et de la puissance fixés et mesurables; les autres variables sont à l'étude dans des recherches expérimentales en cours.

ZOOLOGIE. — *Sur les Alcyonaires rapportés par la seconde expédition antarctique française.* Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. E. Perrier.

Le *Pourquoi-Pas?* a recueilli une très intéressante collection d'Alcyonaires dont l'étude a fourni une importante contribution à nos connaissances concernant la faune des mers antarctiques. Des 13 espèces récoltées par M. le D[r] J. Liouville, 8 sont nouvelles; elles se rattachent à 10 genres, dont 1 nouveau, et se rangent dans 5 familles bien distinctes. Dans l'ensemble, les *Gorgonacea* ont une large prédominance, puisque 11 espèces leur reviennent, les deux autres se classant parmi les *Alcyonacea*. Parmi

(1) Par la maison Gaiffe.

eux, les deux familles des *Isidæ* et des *Gorgonidæ* sont absolument prépondérantes, car elles comprennent respectivement 4 et 6 espèces. Ce qui donne à la collection du *Pourquoi-Pas?* une valeur particulière, c'est qu'elle renferme des exemplaires de deux espèces appartenant à des familles qui, jusqu'ici, n'avaient aucun représentant connu dans l'Antarctique, celle des *Nephthyidæ* (dont toutes les espèces sont arctiques ou subarctiques, sauf une, prise par la *Valdivia*, près de l'île Bouvet) et celle des *Muriceidæ*. De plus, outre le genre nouveau, *Notisis* (de la tribu des *Mopseidæ*), le genre *Sympodium* (*Clavulariidæ*) et le genre *Stenella* (*Primnoidæ*) n'ont jamais été jusqu'ici signalés dans les mêmes mers.

Quant au troisième sous-ordre d'Alcyonaires, celui des *Pennatulacea*, son absence dans la collection du *Pourquoi-Pas?* s'explique très vraisemblablement par le fait que ce bateau n'a pu faire de dragages à des profondeurs suffisantes. En effet, dans les régions parcourues par le *Pourquoi-Pas?* la *Belgica* a ramené, de la profondeur de 2800^m, 8 exemplaires d'*Umbellula Carpenteri* Kölliker et l'expédition suédoise, commandée par O. Nordenskjöld, a dragué dans le détroit de Bransfield, à 849^m de profondeur, une Umbellule géante de $2^m,55$ de hauteur et dans le canal d'Orléans, à 719^m de profondeur, une seconde Umbellule de taille moins considérable. L'absence de certains *Primnoidæ*, comme les *Callozostron* et les *Stachyodes* (que le *Gauss* a extraits de profondeurs supérieures à 2400^m) est, peut-être, imputable à la même cause. L'examen des espèces du genre *Thouarella* m'a conduit à faire l'étude approfondie du type du genre (collections du Muséum d'Histoire naturelle), rapporté des îles Malouines ou Falkland par l'illustre capitaine du Petit-Thouars, que Valenciennes nomma et figura sans la plus sommaire indication et qui n'a jamais été décrit, bien qu'il ait servi de base à la classification du groupe des *Thouarellinæ*. Chez ces Cœlentérés, tout enveloppés d'une puissante cuirasse de spicules calcaires, j'ai pu observer de curieux faits d'incubation; j'ai également découvert, chez quelques types, des galles minuscules causées par un petit Crustacé parasite.

Si l'on compare la collection d'Alcyonaires du *Pourquoi-Pas?* à celles qui sont dues aux autres expéditions antarctiques et dont les résultats sont publiés aujourd'hui, on en comprend mieux tout l'intérêt. La *Southern Cross* a récolté 2 Alcyonaires, dont une espèce nouvelle; la *Discovery*, 8 espèces, dont 3 nouvelles; la *Scotia*, une seule espèce (de l'Antarctique proprement dite); le *Gauss*, 14 espèces, dont une indéterminable et 9 nouvelles. Si l'on met à part les formes de grandes profondeurs, qu'on retrou-

vera sans doute dans les abysses, à des latitudes plus proches de l'équateur, il reste 27 espèces propres à l'Antarctique, dont 2 ont été recueillies par la *Southern Cross*, 7 par la *Discovery*, 1 par la *Scotia*, 9 par le *Gauss*, 5 par le *Français* et 13 par le *Pourquoi-Pas?* Trois de ces espèces étant communes aux deux expéditions françaises, il en résulte qu'on possède aujourd'hui 15 espèces d'Alcyonaires provenant de l'Antarctique sud-américaine qui est actuellement, au point de vue qui nous occupe, la région la moins mal connue dans ces parages.

En considérant l'ensemble des formes décrites jusqu'à ce jour et provenant de l'Antarctique, on voit que le sous-ordre des *Gorgonacea* est, de beaucoup, le plus abondamment représenté et que, tout comme pour la collection du *Pourquoi-Pas?*, les deux familles prédominantes sont les *Primnoidæ* et les *Isidæ*. Les deux genres *Thouarella* et *Primnoisis* se retrouvent dans les matériaux provenant de presque toutes les expéditions antarctiques récentes; ce sont les genres prépondérants parmi les Alcyonaires de l'Antarctique et ceux qui comptent le plus d'espèces. La *Primnoisis antarctica* (Studer) existe au Victoria Land, à la Terre de l'Empereur Guillaume II, dans l'Antarctique sud-américaine; il semble bien que cette espèce soit à considérer comme circumpolaire. Il en est probablement de même de l'*Umbellula Carpenteri*, draguée dans les mêmes endroits. On ne peut citer actuellement aucune forme circumpolaire arctique parmi les Alcyonaires. Il est vrai qu'au sud de l'Afrique, de l'Amérique méridionale, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, les trois grands océans, Atlantique, Pacifique et Indien, communiquent beaucoup plus largement entre eux que ne le font les mers arctiques.

Il serait prématuré de comparer la faune d'Alcyonaires des mers arctiques à celle des mers antarctiques; celles-ci commencent à peine à être explorées, en quelques points seulement, alors que celles-là ont été sillonnées depuis fort longtemps par de nombreuses expéditions scientifiques. Néanmoins, en ce qui concerne les *Alcyonacea*, des quatre familles des mers arctiques : *Clavulariidæ*, *Organidæ*, *Alcyonidæ*, *Nephthyidæ*, les deux premières et la dernière sont représentées dans les eaux de l'Antarctique. Les recherches futures procureront sûrement beaucoup d'autres formes : un seul dragage du *Pourquoi Pas?* entre l'île Jenny et la Terre Adélaïde a ramené 7 espèces à la surface; 9 espèces du *Gauss* proviennent de la même station. Ceux qui, comme l'auteur de cette Note, ont été témoins du fourmillement intense des animaux dans les eaux tropicales, s'imaginaient volontiers que la vie devait graduellement s'éteindre, à mesure qu'on

s'approchait des régions glacées de l'Antarctique, où ne se montre aucun courant chaud comparable au Gulf Stream. Ce ne sera pas l'une des moindres révélations faites par les expéditions antarctiques, de nous avoir montré la diversité des formes existant dans les mers australes, où la température des eaux est constamment voisine de 0° C., et où certains groupes, comme les Pycnogonides, ainsi que M. E.-L. Bouvier l'a montré, sont plus riches en espèces que dans les mers arctiques. Il est établi qu'une température perpétuellement basse n'est nullement incompatible avec l'existence d'une foule d'organismes variés ; de plus, pour certains animaux comme les Alcyonaires, la pression et la lumière paraissent n'avoir qu'une importance insignifiante, puisque certaines espèces peuvent vivre, apparemment dans d'aussi bonnes conditions, au voisinage de la surface et à plus de 3000^m de profondeur.

EMBRYOLOGIE. — *Sur le développement de la ptérylose chez les Pingouins.* Note de MM. **R. Anthony** et **L. Gain**, présentée par M. E. Perrier.

Depuis le travail fondamental de Nitzsch, la ptérylographie des principaux types d'oiseaux est bien connue, mais les documents concernant la marche du développement ontogénique de la ptérylose sont encore extrêmement peu nombreux.

Cette Note est consacrée à l'exposé succinct des résultats auxquels nous avons abouti, dans cet ordre de recherches, chez des *Spheniscidæ;* ils sont, à cet égard, particulièrement intéressants, puisqu'ils font partie des rares formes aviaires dont la ptérylose est uniforme et continue à l'âge adulte.

Les espèces que nous avons étudiées et qui peuvent être réunies en ce qui concerne le point de vue particulier auquel nous nous sommes placés, sont les suivantes : *Pygoscelis Adeliæ* Hombron et Jacquinot, *P. papua* Forster, *P. antarctica* Forster, *Catarrhactes chrysolophus* Brandt.

Notre matériel de recherches a consisté en un lot de 138 embryons de ces différents Pingouins, systématiquement recueillis par l'un de nous pendant la deuxième expédition antarctique française (1908-1910).

Jusque vers le treizième jour de l'incubation, la surface du corps de l'embryon est complètement dépourvue de bulbes pennigères. Chez un embryon de *Catarrhactes chrysolophus* nous les voyons apparaître au quatorzième jour environ dans la région coccygienne (sept bulbes de chaque côté, correspondant aux rectrices de la queue).

Les régions qui s'envahissent ensuite sont le contour supérieur des yeux et la partie inférieure du tronc, aussi bien en avant qu'en arrière. Les bulbes de ces deux régions sont d'ailleurs, toujours au point de vue du développement, en avance sur ceux des autres régions.

Parmi ces dernières, celles qui se garnissent ensuite sont la région du dos, la région postérieure du cou, les cuisses, la région ventrale à l'exception d'une bande médiane qui, plus réduite, constituera chez l'adulte l'aptérium ventral médian.

Puis les côtés latéraux s'envahissent de telle sorte qu'au vingtième jour environ (*P. antarctica*), les seules portions dépourvues de bulbes pennigères sont le sommet de la tête, les ailes et la région antérieure du cou.

Bientôt ils apparaissent sur cette dernière, en même temps que sur la face externe du bord cubital de l'avant-bras.

La face interne de l'aile ne commence à être envahie que vers le vingt et unième jour (*P. antarctica*); au vingt-cinquième environ (*P. antarctica*), les seules parties de cette région dont la peau est encore lisse sont celles qui correspondent au bord radial de la main et au bord antérieur de l'humérus.

Enfin, vers le vingt-sixième jour (*C. chrysolophus*), ces régions se garnissent à leur tour de bulbes et la ptérylose présente le même type uniforme et continu que chez l'adulte.

Il ressort de ces faits que les Pingouins, aux différents stades de leur développement ontogénique, présentent, comme la plupart des autres oiseaux, des ptéryles isolés qui se fusionnent peu à peu.

Lorsque la marche du développement de la ptérylose sera mieux connue dans les différents types aviaires, il est hors de doute que des comparaisons pourront être utilement faites, et que les indications que nous venons de fournir pourront servir à préciser les affinités du groupe si spécial à tous égards que constituent les *Spheniscidæ*.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'*Erythropsis agilis *R. Hertwig*. Note de M. **Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

R. Hertwig [1] décrivit, en 1885, sous le nom d'*Erythropsis agilis*, un Protozoaire qu'il considéra comme voisin des Infusoires. Je ne m'étendrai pas sur la description de R. Hertwig et je rappellerai seulement que ce microorga-

[1] R. Hertwig, *Morphol. Jahrb.*, X.

nisme, dont il ne vit qu'un exemplaire, est coloré en rouge; qu'il possède une sorte de gros organe oculaire à sa partie ventrale antérieure et un appendice rétractile à sa partie ventrale inférieure. La même année, Metchnikoff publia, dans le *Zoolog. Anz.*, une Note au sujet de ce Protozoaire dont il avait vu un exemplaire, en 1872, dans une pêche planktonique aux Açores; il compara son appendice rétractile à la *trompe* d'Infusoires suçeurs tels que les *Ophryodendron*. Le même périodique reçut peu après une Note de C. Vogt, dans laquelle cet auteur, qui n'avait pas vu l'*Erythropsis*, démontrait qu'il s'agissait d'une Vorticelle (*Spastostyla sertularium*) détachée avec son pédoncule, et ayant vainement tenté d'ingérer l'œil de quelques Méduse, *Lizzia* ou *Nausithoe* par exemple. Dix années plus tard, MM. Delage et Hérouard (*Traité de Zoologie concrète*) discutèrent les caractères et les affinités de ce Protiste énigmatique sans l'avoir vu eux-mêmes, et, raisonnant d'une manière judicieuse, émirent sous toute réserve l'hypothèse suivante, à savoir qu'*E. agilis* est un Péridinien aberrant, voisin des *Pouchetia*. Cette hypothèse fut totalement confirmée, en 1905, par Pavillard qui put observer vivant un individu unique appartenant à cette espèce, recueilli dans le plankton de l'étang de Thau. Enfin, depuis cette époque, un nouvel individu a été rencontré une fois à Cette (pendant des manipulations d'élèves, Collin, 1912), et Chatton l'a revu à Banyuls.

Ayant eu la bonne fortune de rencontrer au mois de septembre, dans des pêches planktoniques effectuées dans la baie du Croisic, une vingtaine d'exemplaires de l'*Erythropsis agilis*, j'ai pu faire quelques observations cytologiques sur ce curieux Péridinien.

Forme générale du corps. — *E. agilis* mesure de 50^{μ} à 100^{μ} environ; son corps est subcylindrique; le sillon transverse est situé très antérieurement et limite une courte région supérieure discoïdale, souvent relevée au pôle apical. Le sillon longitudinal ne se traduit extérieurement que par une fente étroite; mais il s'élargit au-dessous en une cavité tubulaire à la partie supérieure et ventrale de laquelle prend naissance l'appendice rétractile dont la longueur en extension dépasse 200^{μ}. La forme générale du corps est presque identique à celle du *Pouchetia cornuta* Schütt qui possède, à la place de l'appendice érectile, un gros flagelle. Chez ces deux espèces le stigma (Schütt), c'est-à-dire l'œil de R. Hertwig, est situé à gauche du sillon longitudinal et au-dessous du sillon transversal.

Cytoplasma et noyau. — Le cytoplasma d'*E. agilis* apparaît *in vivo* comme une masse transparente colorée en rose pâle surtout dans sa partie moyenne;

on n'y distingue aucune granulation, aucun microsome ; c'est en un mot un cytoplasma parfaitement homogène. Avec l'éclairage ultra-microscopique il paraît obscur; la surface de l'organisme apparaît seulement comme une ligne réfringente nettement rougeâtre. Sous l'action des réactifs fixateurs, ce cytoplasma est précipité en un granulum fin, homogène, uniformément teinté en gris par OsO^4. Chez des *Erythropsis* vivants placés entre lame et lamelle, on voit presque toujours apparaître bientôt, sans cause apparente, des phénomènes cytolytiques : au milieu du cytoplasma homogène on voit peu à peu se séparer comme une « phase » nouvelle, constituée par des trabécules légèrement réfringentes, non miscibles au reste du cytoplasma. Puis ces trabécules se condensent en gouttelettes réfringentes, osmio-réductrices, solubles dans l'alcool, le chloroforme, etc., et se comportant comme des globules d'une graisse neutre. Le pigment rose, très soluble dans les graisses et leurs solvants et insoluble dans l'eau, se condense dans ces globules qui apparaissent avec une teinte rouge vif; ainsi se trouve réalisée la formation de corpuscules identiques aux « érythrosomes » de Schütt. Mais ce phénomène, qui résulte d'une déstabilisation spontanée du système cytoplasmique, se termine rapidement par la désintégration totale de l'*Erythropsis* qui semble se fondre brusquement.

Si l'on fait agir, sur un *Erythropsis* enkysté, un corps tel que l'acétone soluble à la fois dans l'eau et dans les graisses, on voit se produire les phénomènes suivants :

1° L'acétone pénètre le kyste et le cytoplasma et dissout les graisses et le pigment; l'espace situé entre le kyste et le corps cytoplasmique se colore en rose vif;

2° La solution acétonique de graisse et de pigment diffuse à travers la membrane kystique, et, si l'on a remis de l'eau dans la préparation, elle forme au contact de celle-ci des gouttelettes visqueuses;

3° L'acétone de ces gouttelettes se dissout dans l'eau, et le pigment se précipite en granules rouge foncé animés de mouvements browniens.

Le noyau d'*Erythropsis*, de forme sphérique, est entouré par une couche corticale épaisse, acidophile; l'intérieur est constitué par un très fin granulum basophile, donnant le bleu Tyndall *in vivo* à l'ultra-microscope.

Stigma. — Le stigma est constitué par une calotte de pigment brun noirâtre, se transformant, sous l'action de l'acide acétique, en gouttelettes rouges identiques à celles formées par le pigment cytoplasmique; et par une masse réfringente hémisphérique (cristallin des *Pouchetia*), très soluble dans l'eau, ne donnant aucune réaction avec I, ni avec OsO^4.

Appendice rétractile. — Cet appendice cylindrique est constitué par un manchon cytoplasmique incolore, enveloppant un fin canal central, de structure fibrillaire, et dont l'extrémité aiguë dépasse légèrement la partie terminale et renflée de l'appendice. Pendant la rétraction la surface du manchon se plisse transversalement et la section de l'organe s'accroît beaucoup. Il est actuellement très difficile d'homologuer, au point de vue cytologique, une telle différenciation cellulaire qui n'est comparable ni à un flagelle, ni au tentacule de la Noctiluque, et qui ressemblerait plutôt, comme l'avait d'abord pensé Metchnikoff, à un tentacule d'Infusoire suceur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'influence du fer dans le développement de l'orge et sur la spécificité de son action.* Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. E. Roux.

Les circonstances qui favorisent l'action du fer dans la formation de la chlorophylle chez divers végétaux (maïs, vesce, pois) ont été récemment précisées par M. P. Mazé (1), puis par MM. Mazé, Ruot et Lemoigne (2). J'ai voulu me rendre compte si cette action du fer pouvait s'étendre à d'autres plantes et si d'autres métaux tels que le chrome ou le nickel étaient susceptibles de le remplacer, notamment dans la végétation de l'orge.

Les expériences avec l'orge sont particulièrement délicates en raison des germes nombreux qui adhèrent fortement à l'enveloppe des grains. Pour éviter cette cause d'infection, il faut enlever les glumelles, ce qui rend les grains plus fragiles pour les opérations futures. J'ai emprunté à M. Mazé l'excellente technique suivante :

On agite vivement les grains avec un mélange stérile d'eau et de sable, on les lave à l'eau stérile et on les soumet à l'action du sublimé à 1 pour 1000 pendant 5 à 10 minutes, puis on les lave à fond avec de l'eau stérile. D'autre part, on stérilise une série de grands tubes à essais renfermant du moût de bière (3) très dilué. Les tubes sont garnis d'un tampon de coton à quelques centimètres au-dessus du niveau du liquide. On introduit un grain d'orge dans chacun des tubes et l'on pousse le tampon de coton jusqu'à ce qu'il enfonce dans le liquide en même temps que le grain auquel il sert de support.

---

(1) P. Mazé, *Sur la chlorose expérimentale du maïs* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 902).

(2) P. Mazé, Ruot et Lemoigne, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 435; t. 157, 1913, p. 490.

(3) M. P. Mazé se sert de bouillon de haricot dilué.

Lorsque, après avoir germé aseptiquement (ce dont on s'assure par l'absence de moisissures ou de bactéries), la plante a atteint la hauteur du tube, on la transporte aseptiquement dans une solution nutritive stérilisée. Cette solution, comme l'a indiqué M. P. Mazé [1], renferme par litre :

Nitrate de sodium, $0^g,6617$; sulfate d'ammonium, $0^g,514$; phosphate de potassium neutre, 1^g; sulfate de magnésie cristallisé, $0^g,20$; sulfate ferreux cristallisé, $0^g,1$; chlorure de manganèse, 0^g05; chlorure de zinc, $0^g,05$; silicate de potassium, $0^g,05$; carbonate de calcium, 2^g.

J'ai pu faire varier les doses de fer sans inconvénient, de même j'ai pu remplacer le chlorure de zinc par le sulfate. Enfin, je n'ai employé que 1^g de carbonate de calcium par litre. Je tiens à faire remarquer que je me suis servi d'eau redistillée ne renfermant aucune trace d'impureté. Je n'ai employé que des sels purifiés avec soin, dont quelques-uns m'ont été obligeamment fournis par M. Sauton. J'ai employé dans mes expériences des flacons en verre blanc d'une capacité de 500^{cm^3}. Lorsqu'on transporte une plante dans le milieu décrit ci-dessus, son développement subit un temps d'arrêt qui peut varier entre 10 jours et 12 jours, puis la croissance se fait régulièrement, les feuilles prennent une teinte d'un beau vert foncé et la plante forme son premier épi au bout de 2 mois (du 4 juin au 6 août). Comme la plante a tallé, on observe la formation de nouveaux épis peu de temps après. Si, dans une expérience parallèle, on supprime le fer dans la solution nutritive, on observe, comme dans le premier cas, d'abord un arrêt, puis un accroissement des racines et de la tige, mais bientôt le manque de fer se fait sentir par un développement moins rapide de la plante et le pâlissement des feuilles.

Des expériences en séries conduites comme ci-dessus ont été commencées le 30 mai et arrêtées le 16 juillet, c'est-à-dire avant la maturité. Les plantes ont été séchées à 100° et pesées. Dans une série, le poids moyen d'une plante cultivée sans fer a été de 450^{mg}; celui d'une plante cultivée avec fer a été de 1600^{mg}. Dans une autre série où l'on a cultivé deux plantes par bocal, le poids moyen a été sans fer de 422^{mg} et avec fer de 1262^{mg}.

J'ai constaté d'autre part que cette action du fer est spécifique, car des métaux, ayant des propriétés communes avec lui, tels que le chrome et le nickel, ne sont pas susceptibles de le remplacer.

En effet, lorsque dans le liquide nutritif on substitue au sulfate de fer, à la dose très favorable de $0^g,2$ par 500^{cm^3}, le sulfate de nickel ou le chromate

---

(1) P. Mazé, *Annales de l'Institut Pasteur*, octobre 1911, n° 10, p. 730.

de potassium à la dose de $0^g,1$ de sel pour le même volume, les plantes ne se développent pas et meurent.

Si, toutes choses égales d'ailleurs, on abaisse la dose de ces trois sels à $0^g,01$ on observe : 1° Le fer ([1]) favorise le développement de l'orge d'une façon très remarquable et la plante arrive à maturité; 2° pendant 4 semaines le chrome, loin d'entraver le développement de la plante, le favorise; les racines surtout acquièrent des proportions extraordinaires, puis la plante devient chlorotique et dépérit lentement; 3° le nickel, même à cette faible dose, empêche tout développement du végétal. (L'action toxique du nickel sur les végétaux avait d'ailleurs déjà été signalée.)

En résumé, ni le chrome, ni le nickel ne peuvent remplacer le fer dans le développement de l'orge.

D'autres expériences, dont je rendrai compte ultérieurement, montrent que le fer agit sur les végétaux supérieurs à la manière d'un catalyseur puissant, car avec des doses infiniment faibles de ce métal, j'ai pu observer des effets encore beaucoup plus considérables que ceux que je viens de signaler; de plus, je me suis assuré que le fer absorbé par la plante ne représente qu'une petite fraction de la faible dose mise à sa disposition. Le concours du fer est donc au moins aussi précieux que celui des autres catalyseurs qui favorisent le développement des végétaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique de glucosides d'alcools polyvalents : glucosides α de la glycérine et du glycol.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Dans nos recherches antérieuresn, ous avons constaté que la glucosidase α (enzyme de la levure basse desséchée à l'air), lorsqu'on l'ajoute à une solution aqueuse de glucose additionnée de glycérine ou de glycol, détermine la formation de glycérylglucosides α et de glycilglucosides α ([2]).

Avec la glycérine, l'expérience a été faite sur des mélanges renfermant de 10^g à 94^g de cet alcool pour 100^{cm^3}, et la réaction s'est produite dans tous les mélanges. Cette réaction n'ayant été suivie que pendant 18 jours, il restait à la suivre jusqu'à son arrêt, c'est-à-dire jusqu'au moment où elle aurait atteint l'état d'équilibre propre à chaque mélange. Rappelons que nos recherches portaient sur une série de solutions

([1]) On observe les mêmes effets si, au sulfate de fer, on substitue le citrate de fer ammoniacal, exempt de manganèse.

([2]) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 405.

renfermant, pour 100$^{cm^3}$: 10, 20, 30, 60, 80, 90 et 94^g de glycérine; 2^g de glucose et une quantité de macéré de levure séchée correspondant à 1^g de ce produit, le volume de 100$^{cm^3}$ étant complété avec de l'eau. Ces solutions, additionnées de toluène et abandonnées à la température du laboratoire, ont été, comme dans les premiers jours, examinées au polarimètre à des intervalles plus ou moins éloignés, jusqu'au moment où la rotation nous a paru demeurer fixe, ce qui correspondait sensiblement [1] à l'arrêt de la réaction glucosidifiante de la glucosidase α. Le Tableau suivant donne le temps approximatif pendant lequel la réaction de la glucosidase α s'est poursuivie dans chaque solution, la rotation de chaque solution au moment de l'arrêt et la proportion pour 100^g de glucose combiné à ce moment. Rotation initiale : $+2°6'$; $l=2$.

Glycérine pour 100$^{cm^3}$.	Durée approximative de la réaction.	Rotation à l'arrêt de la réaction.	Glucose combiné pour 100.
g	jours	° ′	
10	7	+ 2.40	12,26
20	12	+ 3. 6	22,09
30	18	+ 3.36	32,89
60	55	+ 4.58	59,73
80	100	+ 5.34	74,79
90	130	+ 5.46	80,30
94 [2]	130	+ 5.22	71,37

En premier lieu, on voit que l'arrêt s'est produit après un temps d'autant plus long que la teneur en glycérine de la solution était plus élevée. On voit, en outre, que la proportion de glucose combiné au moment de l'arrêt augmente à mesure que s'accroît la teneur en glycérine; ce qui est d'accord avec la loi que nous avons déjà formulée pour la glucosidification des alcools monovalents, à savoir que, pour une même proportion de glucose, la quantité de celui-ci qui se combine augmente avec le titre alcoolique.

Avec le glycol, nos recherches avaient porté sur des solutions renfermant 10^g à 50^g de cet alcool pour 100$^{cm^3}$, et la réaction glucosidifiante, suivie pendant 12 jours, avait été également très nette. Dans la solution à 50^g de glycol pour 100$^{cm^3}$, par exemple, la proportion de glucose combiné avait atteint 54,5 pour 100 dans ce court espace de temps. Il nous restait à étendre ces essais à des glycols plus concentrés et à suivre la réaction jusqu'à son arrêt, comme nous avons fait pour la glycérine.

---

(1) On a encore constaté, par la suite, une très minime augmentation de la rotation, si minime qu'il a fallu attendre un très long temps pour en être certain (40 ou 50 jours). Il faut admettre que, dans cette période, la réaction de la glucosidase α s'étant extrêmement ralentie, celle de l'émulsine renfermée dans la levure (formation de glucoside β) a fini par prendre de l'importance, car le glucose combiné est alors en proportion beaucoup plus élevée que ne l'indiquent les quelques minutes d'augmentation observée.

(2) Réaction non terminée après 130 jours.

Chaque mélange renfermait, outre le glycol, 1g,9680 de glucose, le macéré de levure et de l'eau pour compléter les 100^{cm^3}; pour la suite des essais, on a opéré comme avec la glycérine [1]. Rotation initiale : $+1°58'$.

Nous avons réuni, dans un même Tableau, l'ensemble des résultats de ces expériences :

Glycol pour 100^{cm^3}.	Rotation après 3 jours.	Rotation à l'arrêt de la réaction.	Durée approximative de la réaction.	Glucose combiné pour 100^{cm^3}.
	° ′	° ′	jours	
10..........	+ 2.36	+ 2.44	7	20,92 [2]
20..........	+ 3	+ 3.32	12	35,01
30..........	+ 3	+ 4. 6	21	47,10
40..........	+ 2.56	+ 4.38	36	60,47
50..........	+ 2.54	+ 5. 4	60	71,17
60..........	+ 2.38	+ 5. 5	60	71,62
70..........	+ 2.18	+ 2.18		6,52
80..........	+ 2. 8	+ 2. 8		1,86
90..........	+ 2. 8	+ 2. 8		1,86

Le ferment s'est donc conduit dans les glycols concentrés autrement que dans les glycérines concentrées. La réaction synthétisante s'est trouvée empêchée et, par conséquent, le ferment détruit dès que la proportion de glycol s'est rapprochée de 70 pour 100^{cm^3}. On a bien observé une faible réaction dans les glycols à 70, 80 et 90 pour 100^{cm^3}, mais cette réaction tient à ce que le ferment n'est pas détruit instantanément par son mélange avec le glycol et qu'il agit pendant quelque temps après que le mélange a été effectué.

Mais, abstraction faite des quatre derniers essais, on voit que la proportion de glucose combiné a augmenté à mesure que s'est accrue la teneur en glycol, comme pour la glycérine. Et s'il paraît y avoir exception pour le mélange à 60g de glycol, c'est que, dans le glycol à cette concentration, la glucosidase α est déjà lentement détruite et que sa destruction est achevée avant qu'on ait atteint l'équilibre correspondant.

Les faits que nous venons d'exposer, si on les rapproche de ceux que nous avons publiés relativement à la nocivité des alcools monovalents sur la glucosidase α, nous paraissent présenter un certain intérêt au point de

---

(1) Ultérieurement, après avoir attendu plus d'un mois, on a observé, non plus une augmentation, mais une diminution de quelques minutes de la rotation, avec augmentation du glucose combiné. Ici, la réaction de l'émulsine l'a emporté sur celle de la glucosidase α.

(2) Et non 22,45 comme nous l'avons imprimé par erreur dans nos précédentes publications.

vue de la toxicité des alcools. Nous savons que l'on considère les alcools monovalents comme plus toxiques que les bivalents qui le seraient davantage que les trivalents. Or nous avons constaté que la glycérine jusqu'à 94 pour 100^{cm^3} est pour ainsi dire sans action nocive sur la glucosidase α; le glycol la détruit dès qu'il atteint 60 à 70 pour 100, ce que font aussi les alcools monovalents essayés, à la concentration de 15 à 30 pour 100. Il semble donc qu'on puisse considérer ces faits comme expliquant la toxicité variée des alcools, les ferments étant des agents indispensables à la vie.

VULCANOLOGIE. — *Conclusions à tirer de l'analyse des gaz du cratère du Kilauea* (¹). Note de MM. **Arthur-L. Day** et **E.-S. Shepherd**, présentée par M. A. Lacroix.

La discussion des analyses de gaz recueillis par nous au Kilauea (²) conduit aux conclusions suivantes :

1° Pour quiconque est familier avec l'équilibre des gaz, il est évident que ceux dont nos analyses ont révélé la présence ne peuvent coexister en équilibre à une température égale ou supérieure à 1000° C. Ils sont en voie de réaction active au moment de leur dégagement de la lave liquide; ces réactions doivent commencer dans la colonne de lave ascendante, quand la pression diminue, et se poursuivre jusqu'au moment où ces gaz se dégagent de la solution visqueuse. Lorsque la lave arrive à la surface, la pression diminuant constamment, une quantité croissante de gaz est mise en liberté et il se produit de nouvelles combinaisons chimiques. De plus, ces réactions ($H^2 + SO^2$, $H^2 + CO^2$) dégagent une quantité de chaleur suffisante pour changer sérieusement, sinon pour déterminer la température de la masse fondue elle-même. Cette activité chimique doit atteindre son maximum à la surface, au moment du dégagement dans l'atmosphère, et les proportions des gaz réagissant doivent varier avec chaque bulle éclatant de la lave liquide; cela est clairement démontré par les variations dans les proportions relatives des divers gaz contenus dans chacun des tubes que nous avons étudiés.

Ce mode de dégagement des gaz tout d'abord en solution, ainsi que les réactions exothermiques se produisant entre eux après leur dégagement,

(¹) Travail du laboratoire de Géophysique de l'Institut Carnegie, Washington.
(²) *Comptes rendus*, séance du 17 novembre 1913.

entraînent comme conséquence que la température de la lave du Kilauea doit s'élever quand le dégagement des gaz augmente et diminuer quand le volume de ceux-ci est en décroissance. Nous avons constaté que c'est bien en effet ce qui s'est produit pendant le cours de nos observations de l'été 1912. L'écart des températures, que nous avons constatées dans le bassin de lave dont le niveau est resté sensiblement constant pendant nos 4 mois d'observation, atteint un maximum de 115° C. (1070° C. le 13 juin; 1185° C. le 6 juillet).

2° L'exhalaison contient incontestablement de l'eau, dont nous avons recueilli 300^{cm^3} condensés dans nos tubes.

Nous n'avons pas pu évaluer exactement le rapport de cette eau aux gaz analysés, car elle se condensait pendant que ceux-ci continuaient à traverser nos tubes.

3° Pour l'étude du nuage volcanique visible, nous avons recueilli des gaz non seulement au point d'émergence, mais encore sur le bord du cratère, à l'endroit même où M. Brun a fait ses expériences. La coexistence du soufre libre, de SO^2 et de SO^3 dans ce nuage donne une explication des phénomènes signalés par le savant genevois; ce nuage est essentiellement constitué par du soufre libre et non par des chlorures. Il s'ensuit qu'il ne peut pas s'évaporer dans l'air, ni produire des phénomènes optiques (arc-en-ciel) à la lumière du soleil. On comprend, en outre, pourquoi il ne se condense, ni sur les bords du cratère, ni dans les tubes, quand le point de récolte des gaz est trop éloigné du point d'émergence.

Nous avons donc confirmé une partie des observations de M. Brun, mais nous ne pouvons conclure avec lui que l'exhalaison est anhydre, car les particules ténues de soufre fournissent d'abondants noyaux de condensation pour toute eau existant en supplément sur celle requise pour saturer l'atmosphère et parce que toute quantité inférieure à celle-ci doit s'évaporer librement à l'air libre, comparativement sec à 1300^m d'altitude. L'observation de M. Brun, que l'hygromètre à point de rosée, placé au milieu du nuage volcanique, indique moins d'humidité que dans l'air limpide, trouve son explication dans ce fait que le nuage contient à la fois SO^2 et SO^3, agents éminemment déshydratants; *a priori*, un nuage chargé de tels gaz ne peut être que plus sec que l'air environnant. La démonstration de l'abondance de ces gaz dans l'émanation est mise en évidence, indépendamment des mesures directes, par la décomposition intense de toutes les laves exposées à l'exhalaison et sur lesquelles on observe une grande quantité de sulfates (alun, gypse) et de soufre libre.

4° Nos analyses ont montré que, sur les 1000¹ environ de gaz recueillis, la teneur en chlore est inférieure à 0,02 pour 100.

Une confirmation de la très grande pauvreté en chlore de l'exhalaison est fournie par les analyses de la lave du voisinage du volcan qui, bien qu'exposée à celle-ci depuis plus de 20 ans, n'a présenté aucune trace de chlore sur un échantillon de 2g (1).

5° Il est de la plus haute importance de noter que l'azote recueilli ne contient pas d'argon; ce gaz étant toujours présent dans l'atmosphère en quantité mesurable et n'entrant dans aucune combinaison chimique, il semble que l'on soit en droit d'en conclure qu'aucun des gaz dégagés de la lave n'a été fourni par l'air atmosphérique. Cette conclusion peut être étendue à tous les gaz atmosphériques et notamment à l'eau (soit originellement gazeuse, soit condensée), car si de l'eau météorique avait été incorporée à la lave, elle l'eût été en tant que gaz et dans les mêmes conditions que les gaz atmosphériques, puisque la température de l'eau n'est que de 374° C., alors que la température de la lave est supérieure à 1000° C. Dès lors, un phénomène capillaire (Daubrée) ne peut être invoqué comme aidant à la production de l'eau dans le magma liquide entre 374° et 1000° C., intervalle de température dans lequel H^2O n'a aucune tension superficielle. Il n'y a pas plus de raison d'affirmer que l'eau vient de la surface que de faire une semblable hypothèse pour les carbures, par exemple.

Comme conclusion dernière sur cette question si discutée de savoir si l'eau joue un rôle actif dans les phénomènes volcaniques, nos observations permettent de faire une réponse affirmative en ce qui concerne le Kilauea. Non seulement nous avons extrait de la lave liquide une quantité considérable d'eau, et cela à une température supérieure à 1000° C., mais encore nos expériences ont été faites dans des conditions qui excluent complètement une contamination des gaz par l'air atmosphérique.

De plus, la présence de l'hydrogène libre, associé à CO^2 et SO^2 à cette température, est encore une garantie de la présence de l'eau parmi les gaz volcaniques; la réaction entre H^2 et CO^2 (la réaction du gaz eau,

(1) M. Brun paraît avoir fait l'essai du chlore par le nitrate d'argent dans une atmosphère qui, comme il est montré plus haut, contient S, SO^2 et SO^3. Il note que le réactif est devenu immédiatement trouble sans préciser davantage. En outre, il n'a pas fourni d'analyses recueillies dans ses tubes au Kilauea, mais s'est contenté de donner deux analyses des gaz extraits de fragments de laves réchauffés dans le vide quelques mois après leur récolte (*L'exhalaison volcanique*, p. 115).

$H^2 + CO^2 = CO + H^2O$) est connue depuis longtemps et a été étudiée avec de grands détails [1].

M. A. Lacroix fait remarquer le grand intérêt des observations de MM. Arthur-L. Day et E.-S. Shepherd.

La démonstration de l'abondance de l'eau dans les fumerolles s'élevant de la lave fluide du Kilauea concorde avec les observations faites à l'Etna lors de l'éruption de 1865. Lorsque F. Fouqué aborda l'étude de cette éruption célèbre, il était sous l'influence des idées de son maître, Ch. Sainte-Claire Deville, qui croyait qu'à l'inverse des fumerolles moins chaudes, les fumerolles à haute température sont anhydres (fumerolles sèches de sa classification).

F. Fouqué put constater, contrairement à cette théorie, des dégagements abondants de vapeur d'eau, en particulier sur les courants de lave liquide et sur les moraines extérieures des courants laviques (*Rapport sur les phénomènes chimiques de l'éruption de l'Etna en* 1865, p. 24). Les mêmes conclusions ont été formulées par Silvestri (*Atti Accad. gioenia Sc. natur. Catania,* t. I, 1867, p. 53-319).

Il semble bien vraisemblable qu'il s'agit là d'un phénomène d'ordre général.

Par contre, les observations des savants américains mettent en évidence au Kilauea une caractéristique nettement différente de celle des volcans méditerranéens : l'extrême rareté des chlorures. Au Vésuve, au Stromboli, à l'Etna, à Santorin, etc., les fumerolles se dégageant de la lave liquide renferment de l'acide chlorhydrique qui est extrêmement abondant dans les fumerolles de température inférieure et en outre elles déposent en abondance sur la lave consolidée des sublimations de chlorures alcalins, notamment de chlorure de sodium, qui manquent complètement à Hawaï.

M. A. Gautier, à la suite de la Communication précédente et de celle du 17 novembre 1913 (voir p. 958), fait les remarques suivantes :

A propos des deux Communications qui nous ont été faites par M. A. Lacroix, au nom de MM. Arthur-L. Day et E.-S. Shepherd, je prie l'Académie de me permettre quelques courtes remarques.

---

(1) F. Haber, *Thermodynamik technischer Gasreactionen*, Berlin, 1905, p. 158.

Les savants américains ont confirmé que la vapeur d'eau existe dans les émanations volcaniques; qu'elle sort directement du sein des laves incandescentes, ainsi que l'avait déjà directement observé F. Fouqué, et comme je l'avais montré moi-même indirectement en établissant que, les poudres des roches primitives séchées à 250° dans le vide, fournissent toujours de l'eau dès qu'on porte ces poudres anhydres au rouge naissant, *a fortiori* à leur température de fusion (1100° à 1200°). On ne saurait donc soutenir que cette eau sortie des volcans ou fournie par les roches portées à l'incandescence est d'origine météorique, de l'eau du ciel qui aurait pénétré dans les profondeurs comme quelques personnes le pensent encore.

Mais les savants américains ont montré de plus que, si au sein du tourbillon des laves (dans des conditions favorables qu'ils expliquent aux *Comptes rendus*, t. 157, p. 959), on introduit une tube métallique et qu'on pompe lentement les gaz arrivant sous pression des profondeurs *sans que l'accès de l'air extérieur ait pu se produire*, la condensation de ces gaz dans des tubes refroidis permet de recueillir de l'eau dès les premiers coups de piston, sans qu'on puisse admettre que celle-ci soit due à la combustion, par l'oxygène de l'air, de l'hydrogène qu'on trouve toujours dans les gaz volcaniques.

L'eau sort donc bien en nature des volcans, même du volcan de Kilauea, dans un pays où il ne pleut presque jamais, et dans des conditions où la lave en perpétuelle ébullition empêche toute pénétration à l'intérieur de l'eau d'origine météorique.

J'ajoute enfin que la vapeur d'eau qui sort ainsi incessamment des profondeurs terrestres incandescentes, en circulant à travers les failles rocheuses et s'y condensant, donne, lorsqu'elle arrive liquéfiée jusqu'à la surface, ces sources thermales *vierges* ou *primitives* que j'ai distinguées avec soin des sources d'origine météorique.

Un dernier mot : les auteurs américains confirment l'existence des gaz fluorés trouvés aussi par moi dans les émanations volcaniques et solfatariennes.

HYDROLOGIE. — *Les caractéristiques des eaux de source des formations volcaniques de l'Auvergne.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. A. Lacroix.

Les enquêtes hydrogéologiques de nombreux projets d'adduction d'eau potable; dont j'ai été chargé pour une partie de l'Auvergne, m'ont fourni,

depuis 12 ans, l'occasion d'étudier les sources de cette région, de rechercher leur origine et de déterminer la nature et l'étendue de leurs bassins d'alimentation.

D'autre part les analyses chimiques (près de 500) des eaux des *mêmes sources*, par M. Gros, directeur du laboratoire de Clermont-Ferrand, m'ont apporté un élément d'appréciation très important, car elles m'ont permis d'établir les *relations les plus étroites* existant entre la *composition chimique des eaux et la nature* des diverses *formations géologiques* traversées.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

1° D'une façon générale, les laves, souvent poreuses, scoriacées, entremêlées de cendres (principalement les laves récentes) sont beaucoup plus fissurées et perméables que les roches granitiques et archéennes qui leur servent de support et sont presque étanches. Cette porosité, qui fait d'elles un filtre parfait au point de vue microbien, facilite l'absorption et multiplie la surface d'attaque des eaux filtrantes qui, à égalité d'étendue, dissolvent une quantité de substances minérales deux à trois fois plus considérable dans les premières que dans les secondes.

2° La *structure* des roches : *grenues* dans le premier cas, *microlitiques ou vitreuses* dans le second, joue certainement un rôle (jusqu'ici mal connu) dans cette attaque, plus accentuée dans les roches volcaniques que dans les roches granitoïdes.

3° La *température* des eaux volcaniques est plus basse à égalité d'altitude que celle des eaux granitiques et archéennes, car les premières ont en général une origine lointaine et plus élevée. Souvent l'*abaissement* de leur température *en été* (elles sont plus chaudes en hiver) est dû à l'évaporation produite à la surface des coulées, peu épaisses, qui se comportent comme une couche poreuse d'alcarazas.

4° Les eaux granitiques et archéennes possèdent un faible *degré hydrotimétrique* total (de 1,5 à 3,5), qui est sensiblement le même pour les sources des massifs du Mont-Dore et du Cantal émergeant en terrains trachytiques, tandis que les eaux des sources de la Chaîne des Puys possèdent un degré hydrotimétrique qui est plus du double des précédents (5 à 8). L'*extrait sec* subit des variations analogues.

Le Tableau ci-après, dont les résultats m'ont été obligeamment fournis par M. Gros, montre ces variations :

	Régions granitiques et archéennes.		Massif du Mont-Dore.		Chaîne des Puys.				Limagne.
	St-Alyre d'Arlanc.	Tortebesse.	La Bourboule.	Le Mont-Dore.	Kôhn (coulées du Petit Puy de Dôme).	Orcines (coulées du Pariou).	Chez Pierre (coulées de Barme).	St-Genès-Riom (coulées de la Nugère).	— St-Rémy de Chargnat.
Degré hydrotimétrique total....	3°,3	2°	2°,5	2°	5°,2	5°,4	4°,8	8°,9	26°,8
Extrait sec à 100°.	50^{mg}	30	21	51	140	180	142	181	418
Silice...........	6^{mg}	6	8	22	41	38	36	22	43
Chaux..........	8^{mg}	3	4	9	25	22	24	39	209
Magnésie........	traces	1,5	néant	néant	3,5	4	6	3	14
Chlore..........	3	2,8	3	2,8	4	4	4	»	9
AzO^3H..........	2,5	néant	néant	néant	5	16	4,5	traces	38

5° Les eaux de la première catégorie ne renferment que des traces, ou une faible proportion de *chaux* et de *magnésie*; elles ont au contraire une teneur appréciable en *potasse* résultant de leur traversée de roches riches en potasse (de 4 à 5 pour 100) et pauvres en chaux (0,50 à 2,6 pour 100) et en magnésie (de 0,20 à 1 pour 100). Ces roches sont des granites, des gneiss, des trachytes et des cinérites trachytiques. Il est intéressant de constater que le Massif volcanique du Mont-Dore, constitué en majeure partie par des roches acides (trachytes), se comporte comme un massif granitique au point de vue de l'hydrochimie de ses sources.

Par contre, les eaux de la Chaîne des Puys, dont le parcours souterrain atteint des dimensions considérables (2^{km} à 3^{km}, jusqu'à 10^{km}) ont une teneur moins élevée en potasse et sont *plus riches* en magnésie et en chaux.

Ce fait est dû à leur longue et lente circulation souterraine à travers des roches *basiques* (labradorites, basaltes et limburgites), dont le pourcentage en potasse, magnésie et chaux est successivement de 1,5 à 2 pour 100, de 5 à 8 pour 100 et de 8 à 10 pour 100.

Les eaux de sources de la Chaîne des Puys, qui alimentent les villes de Clermont-Ferrand, Riom, Châtel-Guyon, etc., sont donc très sensiblement différentes, au point de vue chimique, des eaux des Massifs volcaniques du Mont-Dore et du Cantal, en raison de la constitution géologique dissemblable de ces trois régions volcaniques où elles se sont minéralisées [1].

(1) Si l'on met en parallèle les eaux granitiques et volcaniques précitées avec les eaux de la Limagne (voir Tableau) dont le sous-sol, en grande partie oligocène, comprend principalement des marnes calcaires, on est frappé par la teneur considérable en chaux (10 fois plus grande) de ces dernières qui ont, par suite, un degré hydrotimétrique cinq fois plus élevé.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de l'Éocène au-dessus du Cristallophyllien des Cyclades et sur la genèse du faciès cristallophyllien en Grèce.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

On sait depuis longtemps qu'à l'île de Naxos et, en face, à Paros, se présentent des formations sédimentaires, non métamorphiques, reposant sur les roches cristallophylliennes. M. Lepsius les a parallélisées avec les couches antépontiques de l'Attique, de même faciès, et M. Philippson avec les couches de Flysch (et leurs conglomérats) de l'Ouest de la Grèce, sans qu'aucun de ces deux savants ait pu apporter à l'appui de son opinion des preuves paléontologiques. M. Papavasiliou, d'autre part, a fait faire un grand pas à l'étude de ces formations sédimentaires, en y distinguant une série inférieure, et une série supérieure reposant *en discordance* sur la première.

Une visite que nous fîmes dernièrement à Naxos, M. Papavasiliou et moi, nous permit de fixer l'âge de la série sédimentaire inférieure. Celle-ci, de Hagios Thalaläos à Mitria, est fortement redressée et composée de grès et conglomérats : les galets de ces derniers tiennent des Nummulites et des fragments de Rudistes incertains. D'autre part, la même formation a été disloquée au nord par un épanchement de diabase, dans laquelle elle se présente à l'état de grandes enclaves; à côté de ces enclaves gréseuses se trouvent d'autres enclaves d'un calcaire nummulitique, à grandes *Nummulites*, avec nombreuses *Orthophragmina* et *Orbitoïdes papyracea* B.; à ces blocs calcaires sont adhérentes des parties de la série gréseuse et conglomératique. La formation dont proviennent ces blocs occupait sans doute la partie haute de la série sédimentaire inférieure redressée; la couche calcaire disloquée par l'épanchement, a été, par la suite, complètement démantelée et seuls les fragments entraînés dans la roche éruptive ont été conservés. On trouve de ces fragments à côté de l'église Γέννησις au nord-est de Mitria.

La série sédimentaire inférieure se retrouve au cap Stylida, au sud de la ville. On observe encore ici les grès inférieurs, contre la mer, avec un grain très fin et une couleur sombre qui leur donne l'aspect de la grauwacke. Cependant, ces grès, plus haut, deviennent blancs et d'un grain quartzeux grossier, puis ils passent à des brèches quartzeuses qui, à la partie supérieure, deviennent de véritables *hornstein* jaunâtres. On observe, dans ces brèches,

des *Nummulites* silicifiées. Je serais disposé à admettre que ces brèches siliceuses et ces *hornstein* ont pris la place du calcaire nummulitique de Mitria, par la substitution de la silice au calcaire, comme semblent le prouver les *Nummulites* silicifiées.

La présence du conglomérat dans les sédiments inférieurs est l'indice d'une émersion éocène qui aurait cependant précédé la grande transgression éocène, phénomène que nous avons déjà constaté dans la Grèce occidentale (*Comptes rendus*, t. 148).

La série sédimentaire supérieure est représentée par le *grobe Conglomerat* de M. Papavasiliou. Les conglomérats sont tantôt stratifiés, comme à l'îlot *Palatia* contre la ville, tantôt à l'état chaotique, formant des cailloutis incohérents, dont les fragments sont de toute dimension et proviennent de toutes les roches de Naxos et d'autres roches, probablement démantelées. Ils rappellent, par leur double caractère de terrain stratifié et chaotique, les cailloutis *siciliens* du Péloponnèse du Nord, qui recouvrent en discordance, lorsqu'ils sont stratifiés, le Pliocène redressé (Calabrien y compris). A Naxos ces cailloutis atteignent, d'après M. Papavasiliou, l'altitude de 300^{m}, qui, très probablement, est loin de représenter l'altitude originelle. Il semble qu'ici, comme en Péloponnèse, la grande surrection de la fin du Pliocène ait été accompagnée de phénomènes d'écrasement.

Mais revenons aux couches éocènes dont il a été question plus haut. La présence de l'Éocène, non métamorphique, au-dessus des roches cristallophylliennes, nous permet de tirer une autre conséquence importante, concernant la genèse du faciès cristallophyllien en Grèce. Nous avons démontré dans trois Notes précédentes (29 juillet 1912, 10 mars, 21 avril 1913) que les couches cristallophylliennes du Péloponnèse, de l'Attique et des Cyclades, appartiennent au Trias. D'autre part nous savons par les travaux de l'Expédition scientifique de Morée, confirmés par M. Philippson, qu'au Taygète le calcaire crétacé supérieur a pris part au métamorphisme des roches cristallophylliennes, qu'il recouvre; tandis qu'à Naxos, les dépôts de la transgression éocène ne sont pas métamorphiques, quoique reposant directement sur la série cristallophyllienne, par démantèlement, sans doute, des formations crétacées-éocènes, à la suite de l'émersion éocène dont il a été question. Le géosynclinal donc, dans lequel s'est formé le faciès cristallophyllien, en Grèce, a suivi la transgression crétacée et a précédé la transgression éocène, qui elle-même a précédé le grand plissement pyrénéen. Ce géosynclinal aurait été le précurseur des mouvements pyrénéens : les premières rides formées dans ce géosynclinal auraient provoqué, par le soulèvement du fond des mers, la transgression éocène, tandis qu'en

émergeant en partie elles produisaient les conglomérats de Naxos et de la Grèce occidentale.

Le métamorphisme (et cette conclusion est d'accord avec la théorie générale de Pierre Termier sur la genèse des terrains cristallophylliens) ne s'étendit pas uniformément sur tout le géosynclinal, mais le long de zones mieux préparées pour laisser filtrer les vapeurs chaudes internes. Parmi ces zones privilégiées, je citerai celle du Taygète qui a suivi la direction NNO du plissement de la fin du Trias supérieur (*Comptes rendus*, 29 juillet 1912). Cette même direction se dessine comme direction de cassure dans l'Archipel, concurremment avec la direction NNE.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'évolution de la plaine roumaine entre les rivières Olt et Arges.* Note de M. G. **Vâlsan**, présentée par M. Pierre Termier.

Des recherches commencées en 1910, facilitées par l'apparition des dernières feuilles de la Carte des plaines de Munténie, publiée par l'État-Major roumain, et achevées sur le terrain pendant l'été de 1913, m'ont conduit aux conclusions suivantes :

I. *Contact de la plaine roumaine avec les collines.* — A l'est de l'Olt, la région des collines constitue une plate-forme légèrement inclinée vers le Sud-Est, qui disparaît brusquement à l'est de la Dâmbovitza, suivant une importante ligne tectonique signalée par Mrazec, et qui, au Sud, coupe la surface de la plaine, inclinée également, mais plus faiblement vers le Sud-Est.

La plate-forme des collines est couverte de lambeaux de cailloutis et de sables d'origine fluviatile, dont le dépôt a commencé vers la fin du Pliocène (couches de Cândesti, des géologues roumains), mais dont la partie supérieure est franchement quaternaire. L'aire d'extension de ces dépôts coincide avec une répartition singulière des cours d'eau, qui rayonnent en éventail à partir de deux points situés l'un entre le Topolog et l'Arges, l'autre entre le Riu Tîrgului et la Dâmbovitza. On a l'impression de deux puissants cônes de déjection à axe Nord-Sud, sur lesquels les rivières principales (à l'exception de la Dâmbovitza qui suit une faille) ont glissé vers les bords, pour s'enfoncer ensuite sur place. Le rassemblement des eaux à Pitesti, que rien dans la Géologie ne peut justifier, est déterminé par le contact du bord de ces deux cônes.

Au sud de Pitesti, les rivières rayonnent de nouveau en éventail, de part et d'autre d'un axe dirigé cette fois vers le Sud-Est. On ne peut cependant reconnaître un véritable cône de déjection.

Trois immenses terrasses, très évidentes et signalées par Dimitrescu, s'étalent radialement à partir de Pitesti. Elles sont l'œuvre de l'Arges, qui coulait d'abord vers le Sud et s'est déplacé en trois étapes de 65° vers l'Est. A Pitesti, la plate-forme des collines est à 150^{m}, le bord de la terrasse supérieure orienté Nord-Sud à 85^{m}-90^{m}, le bord de la seconde terrasse descendant vers le Sud-Sud-Est à 55^{m}-60^{m}, et la terrasse inférieure descendant vers le Sud-Est à 35^{m}-40^{m} au-dessus de la rivière Arges. Le cours actuel de l'Arges, qui recoupe la base du cône de déjection compris entre le Riu Tîrgului et la Dâmbovitza, est plus récent; les petites rivières de Neajlov, sur la terrasse inférieure, et de Dâmbovnic sur la seconde terrasse, sont probablement des cours antérieurs, comme l'indiquent leurs vallées très larges et plus profondes de 20^{m} que celle de l'Arges actuel.

Le déplacement vers l'Est est un caractère commun à toutes les rivières qui débouchent dans la plaine roumaine à l'est de l'Olt. Le seul effet produit sur ce dernier fleuve, par la cause qui a entraîné largement vers l'Est les cours d'eau de la Munténie, est le développement plus grand des terrasses sur la rive droite. Il y a là un fait important pour la délimitation de la plaine roumaine. Le bassin de l'Olt n'y rentre pas. La plaine d'Olténie, qui s'étend à l'ouest de l'Olt, a une physionomie et a subi une évolution qui justifient une séparation et une dénomination spéciales.

Le passage de la période d'alluvionnement, qui a formé les cônes de déjection entre l'Olt et la Dâmbovitza, à la période d'érosion qui les a profondément burinés par approfondissement des thalwegs, est un événement décisif pour l'histoire de la plaine roumaine. C'est à partir de ce moment, qui correspond au début du Quaternaire, qu'on peut suivre l'évolution morphologique de cette plaine.

II. *Contact de la plaine avec la région inondable du Danube.* — La disposition en éventail des cours d'eau ne s'observe pas jusqu'au Danube. Au sud d'une ligne passant par Alexandria et la rivière Calnistea, s'étend une plaine qui n'est plus inclinée vers le Sud, mais presque horizontale ou même remonte vers le Danube (différence de niveau de l'Ouest à l'Est 40^{m} sur 140^{km}, et de 5^{m} à 20^{m} du Sud au Nord sur 20^{km}). Des dépressions sans écoulement, atteignant plusieurs kilomètres carrés et appelées *gavane* ou *crovuri*, sont le seul accident de la surface. Les rivières principales (Calmatzuiu et Vedea) arrivent au Danube par des vallées relativement étroites et profondes de 60^{m}. Certains affluents coulent du Sud au Nord, fait sans autre exemple dans toute la plaine roumaine. Vers le Danube, l'argile

pliocène apparaît sur une grande étendue, surmontée parfois de cailloutis grossiers d'origine balkanique, ainsi que l'a montré G.-M. Murgoci. Le tout est recouvert, à Stanesti et dans les environs, par un limon rouge foncé.

Ces faits semblent prouver que nous avons affaire à une plate-forme d'origine différente, primitivement inclinée vers le Nord. La petite rivière Calnistea, coulant dans un lit majeur démesurément large, en forme la limite Nord, prolongée par les cours inférieurs du Neajlov et de l'Arges sur une longueur de 90^{km}. Ce sillon Est-Ouest explique le changement brusque de direction de l'Arges actuel et de ses affluents de rive droite; il a été utilisé pour l'écoulement des eaux venant de Pitesti dans les stades les plus récents de leur déplacement vers l'Est (Dâmbovnic, Neajlov, Arges actuel). Il existait donc au moins à l'époque de la deuxième terrasse de l'Arges à Pitesti.

On a supposé qu'il correspond à une faille parallèle au Danube, mais sans pouvoir en apporter aucune preuve géologique. Il faut aussi renoncer à l'expliquer par l'intersection du cône de Pitesti, découpé en terrasses, avec la plaine, car des sondages récents à Toporu et Blejesti ont montré le loess reposant directement sur l'argile (Communication obligeante de la Direction des chemins de fer roumains). Il ne reste qu'une hypothèse possible, c'est celle d'un léger affaissement Est-Ouest affectant la partie sud de la plaine roumaine entre l'Olt et l'Arges.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 novembre 1913.

Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures, publiés sous les auspices du Comité international, par le Directeur du Bureau; t. XV. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Œuvres complètes de Laplace, publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences, par MM. les Secrétaires perpétuels; t. XIV. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-4°.

La catalyse en Chimie organique, par Paul Sabatier, Membre de l'Institut. Paris et Liége, Ch. Béranger, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Les progrès de la Chimie en 1912; traduction française autorisée des *Annual Reports on the progress of Chemistry for* 1912, Vol. IX, issued by The Chemical Society, London, et publiée sur l'initiative du Laboratoire municipal de Paris. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Haller.)

Bulletin des Services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines; n° 134, t. XXII, 1912-1913 : *Tectonique de la feuille de Foix.* Notice explicative des coupes géologiques annexées à cette feuille, par Léon Bertrand. Paris, Ch. Béranger, 1913; 1 fasc. in-8°.

Coupes géologiques annexées à la feuille de Foix, par M. Léon Bertrand. Paris, 1913; 1 feuille en couleurs in-plano. (Présenté par M. Termier. Hommage de l'auteur.)

Carte du bassin moyen du Yéchil Irmaq (*Asie Mineure*), levée et dessinée par G. de Jerphanion; 4 feuilles : I. *Amasia.* — II. *Niksar.* — III. *Zilé.* — IV. *Sivas.* Paris, Henry Barrère, s. d.; texte : 1 fasc. in-8°; carte : 4 feuilles in-plano. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Mission hydrographique Congo-Oubangui-Sanga, 1910-1911. Rapport d'ensemble de M. H. Roussilhe; t. I et II, avec 26 cartes h. t. Paris, Émile Larose, 1913; 2 vol. in-8° et 26 feuilles in-plano. (Présenté par M. Hatt, pour un des Concours de Géographie et de Navigation de l'année 1914.)

Thérapeutique générale basée sur la pathologie chimique, par le Dr Grasset. II : *Médications de la défense dans les divers appareils.* Paris, Masson et Cie; Montpellier, Coulet et fils, 1914; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Guyon.)

Le bicentenaire de Lacaille, par F. Boquet. (*Bull. de la Soc. astr. de France*, novembre 1913, p. 457-473.) Paris.

La croissance pendant l'âge scolaire, par le Dr Paul Godin; avec 16 planches dans le texte. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1913; 1 vol. in-8°.

Bibliographie du calcul des variations, 1850-1913, par Maurice Lecat. Paris, A. Hermann et fils; Gand, Ad. Hoste, 1913; 1 fasc. in-8°.

Medicus, Guide-Annuaire des étudiants et des praticiens; 41e année, 1913. Paris; 1 vol. in-8°.

Eine neue quantitative Bestimmung des Fluors und über die Zuzammensetzung des Eisenfluorids, von Ernst Deussen. (Extr. des *Sitzungsberichten der k. Akad. der Wiss. in Wien : Math. nat. Kl.;* t. CXV, fasc. 4 *b*, décembre 1906.) Vienne; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 10 novembre 1913.)

Note de M. *Charles Lepierre*, Inutilité du zinc pour la culture de l'*Aspergillus niger :*

Page 878, ligne 15, *au lieu de* dans le liquide zincique, *lire* dans l'hypothèse zincique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er DÉCEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. Gosselet, à Lille, pour occuper la cinquième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. **Darboux**, en présentant à l'Académie les *Œuvres mathématiques de Jean Dolbnia*, publiées sous les auspices de l'École supérieure des Mines de l'Impératrice Catherine II, à Saint-Pétersbourg, par M. N. Kryloff, professeur d'Analyse à cette École, s'exprime en ces termes :

« Le géomètre distingué dont j'ai l'honneur de présenter les Œuvres à l'Académie était, de son vivant, professeur d'Analyse à l'École des Mines de Saint-Pétersbourg, dont il avait été le brillant élève; mais la plupart de ses travaux ont été publiés en français, dans nos Recueils mathématiques et principalement dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*. En décidant de les réunir en volume et de les présenter ainsi dans leur ensemble, l'École des Mines a rendu un réel service aux études mathématiques. Les travaux de Dolbnia font honneur à son pays. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Développement de $(x-y)^{-1}$ en série procédant suivant les inverses de polynomes donnés.* Note de M. **Paul Appell.**

Soient $P_0(x)$, $P_1(x)$, …, $P_n(x)$, … des polynomes *donnés*, de degrés marqués par l'indice, dans lesquels le coefficient de la plus haute puissance de x est supposé égal à l'unité. Supposons également que, x désignant une variable complexe, les racines du polynome $P_n(x)$ soient, pour toutes les valeurs de n, représentées sur le plan complexe par des points situés à l'intérieur d'un cercle C de centre O et de rayon déterminé R.

Nous avons montré ([1]) que, si la fonction $\frac{1}{x-y}$ est développable en série procédant suivant les inverses de ces polynomes, le développement est de la forme

$$\frac{1}{x-y}=\frac{1}{P_1(x)}+\frac{Q_1(y)}{P_2(x)}+\ldots+\frac{Q_{n-1}(y)}{P_n(x)}+\ldots,$$

où les $Q_n(y)$ sont des polynomes en y de degré n, dans lesquels le coefficient de y^n est 1, avec

$$|y|<R, \qquad |x|>R'\geqq R.$$

Nous avons ensuite donné une méthode ([2]) permettant de former le polynome $Q_n(y)$ au moyen des fonctions symétriques des racines des polynomes donnés P.

L'objet de la présente Note est de résumer et de préciser ces résultats à l'aide du théorème suivant, qu'on peut d'ailleurs démontrer directement :

Si l'on considère l'intégrale définie

$$I_{n,\nu}=\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{Q_n(z)}{P_{\nu+1}(z)}\,dz,$$

où l'intégration est faite le long de la circonférence C, *dans le plan complexe, et où n et ν désignent deux entiers positifs ou nuls, on a*

$$I_{n,\nu}=0 \qquad (\nu \gtrless n),$$
$$I_{n,n}=1 \qquad (\nu=n).$$

Ce théorème détermine les polynomes adjoints Q, quand les poly-

([1]) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 5.
([2]) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XXXVII, novembre 1913.

nomes P sont donnés. Il permet ensuite de calculer les coefficients A_n du développement d'une fonction $f(x)$, remplissant les conditions indiquées, en une série de la forme

$$f(x) = \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} \frac{A_\nu}{P_\nu(x)}.$$

En effet, supposons le développement possible, multiplions les deux membres par $\frac{1}{2\pi i} Q_n(x)\,dx$ et intégrons le long d'un contour simple C', entourant C et situé dans la région de convergence; nous aurons

$$A_{n+1} = \frac{1}{2\pi i} \int_{C'} f(x)\,Q_n(x)\,dx.$$

Je laisse, pour un Mémoire plus étendu, les questions de convergence et les formules qui résultent de l'application du théorème de Cauchy à l'aire annulaire comprise entre deux circonférences concentriques, de centres O et de rayons supérieurs à R.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Bosscha*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Righi	obtient	....	47 suffrages
M. Rutherford	»	....	2 »
M. Rubens	»	....	1 suffrage

M. **Righi**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Sabatier*, élu Membre non résident.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. Grignard	obtient	 43	suffrages
M. Recoura	»	 2	»
M. Senderens	»	 1	suffrage

M. **Grignard**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Ch.-Eug. Guye** adresse à l'Académie un compte rendu officiel de la cérémonie *Pierre Prévost*, ainsi qu'une reproduction photographique du buste de ce physicien.

M. **Clausmann**, Mme **Lina Negri Luzzani**, MM. **Jean Perrin**, **Ernest Solvay** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Leçons sur la Théorie des nombres*, par A. Châtelet. (Présenté par M. Émile Picard.)

2° *Détermination des constantes dans la mesure de la gravité au moyen du pendule*, par le général O. Madsen, Directeur de l'Institut géodésique de Danemark. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° *Étude sur la propagation des ondes liquides dans les tuyaux élastiques*, par A. Boulanger. (Présenté par M. Boussinesq.)

ASTRONOMIE. — *Niveau pratique à bain de mercure amorti.* Note de MM. **André Broca** et **Ch. Florian**, présentée par M. Lippmann.

Inconvénient des anciens niveaux. — On n'a généralement employé jusqu'ici, dans les instruments portatifs, que les niveaux à bulle d'air, les trépidations du sol rendant impossible l'emploi du bain de mercure, sauf

dans des conditions toutes spéciales de stabilité. On sait, d'ailleurs, combien il est difficile d'employer correctement un niveau à bulle d'air un peu sensible, à cause des variations du zéro causées par la moindre inégalité de température; le seul voisinage de l'observateur suffit pour troubler notablement les observations. Ce niveau ne donne d'ailleurs l'horizontale que dans une seule direction, car la constitution d'un niveau sphérique n'est possible pratiquement que pour des sensibilités extrêmement faibles.

Bain de mercure amorti. — Nous avons réussi à nous affranchir de ces difficultés en constituant un bain de mercure transportable à mouvements amortis.

On arrive déjà à amortir considérablement les ondulations de la surface du mercure en lui superposant un liquide visqueux. Ceci ne gêne pas théoriquement les observations d'objets à l'infini, car les deux surfaces planes et horizontales des deux liquides donnent dans la lunette rigoureusement la même image. Cependant, cela ne peut fonctionner qu'avec certaines précautions, car les liquides visqueux sont longs à atteindre la forme rigoureusement plane et horizontale de leur surface libre.

Pour être d'un emploi commode, le liquide amortisseur ne doit pas donner avec le mercure d'émulsion stable, si le bain doit être déplacé, et l'on doit éliminer à cause de cela les huiles et la térébenthine qui seront cependant utilisables pour les bains fixes. Le meilleur liquide à ce point de vue est la glycérine. Elle a l'inconvénient de former des fils dus à l'hydratation et aux variations de température; mais dans notre appareil pratique, cet inconvénient disparaît, car nous enfermons mercure et glycérine dans une boîte close, sans air, et mince. Ce dispositif donne de plus un amortissement beaucoup plus grand des mouvements que les deux liquides superposés à l'air libre.

Boîte à mercure. Angle de raccordement. — Pour avoir de bonnes images dans une surface de mercure, il faut non seulement éliminer les ondes de la surface, mais encore éviter les perturbations de celle-ci, dues à l'angle de raccordement. Les parois latérales de la boîte sont formées d'une zone sphérique dans laquelle le mercure monte jusqu'au point où le plan tangent fait avec l'horizon l'angle de raccordement. Dans ces conditions, la surface est pratiquement plane, à quelques millimètres de la paroi.

Le fond est en nickel et ondulé comme un baromètre anéroïde. Nous avons pu, grâce à ce dispositif, laisser l'appareil plusieurs heures dans un mélange de glace et de sel, puis aux environs de 60°. La viscosité est seu-

lement un peu grande dans le premier cas, un peu faible dans le second. Pour les basses températures, il est bon d'étendre la glycérine d'un peu d'alcool absolu.

Objectif à immersion. — La paroi supérieure de la boîte à mercure est constituée par une lame de verre à faces parallèles en contact avec la glycérine. Au centre de sa face extérieure est collé un objectif muni d'un oculaire autocollimateur. Cet objectif est donc à immersion dans la glycérine, et la déviation dans le plan focal est multipliée par l'indice de la glycérine; elle correspond donc en tout à trois fois l'angle dont a tourné le bâti par rapport à la verticale.

Autocollimation. — L'objectif a été calculé de manière à réaliser un champ de netteté de 2^{cm} de diamètre avec 18^{cm} de distance focale. Dans ces conditions, on peut éclairer la moitié du champ, et observer l'image de retour dans la seconde moitié. Un prisme à réflexion totale est placé devant l'oculaire, ce qui permet d'observer à peu près normalement à l'axe optique de l'objectif en dégageant la partie supérieure de l'instrument pour l'éclairage zénithal.

Si l'éclairage est latéral, il suffit de tenir au-dessus du trou éclaireur un morceau de papier blanc.

On peut régler le zéro de l'appareil soit au moyen d'une pièce à deux mouvements rectangulaires placée à l'oculaire, soit au moyen d'un trépied à vis calantes.

Propriétés de l'instrument. — Ce niveau sphérique est d'un réglage très facile, car il suffit d'être réglé à $\frac{2}{3}$ de degré près pour voir l'image de retour.

Avec les épaisseurs pratiques de 2^{mm} à 4^{mm} pour chacun des liquides, l'appareil est complètement amorti; nous avons pu faire des pointés moyens à 5 ou 6 secondes près dans un atelier où des tours à polir sont en action. Sur un bon mur situé dans une rue macadamisée de Paris, nous avons pu obtenir une fraction de seconde. Les oscillations dues aux voitures se voient parfaitement bien sans troubler l'image.

Cet appareil peut être secoué sans aucun ménagement. Quand par hasard une bulle de mercure se forme, elle se détruit rapidement, sauf à très basse température où il faut parfois 15 minutes.

Ces précisions ont été atteintes avec un appareil de 18^{cm} de haut et de 10^{cm} de diamètre à la base, construit par les établissements Lacour-Berthiot.

Applications possibles. — L'appareil, tel qu'il est construit, se prête à de nombreuses applications, avec ou sans adjonction d'un enregistreur photographique : réglage des plans, séismographie, étude des perturbations de la verticale. Dans ce dernier cas, il faudra lui donner des dimensions et une stabilité plus grandes. Avec une platine convenable, on peut s'en servir pour réaliser un sphéromètre rigoureux.

On peut également, en le réduisant à sa cuve à mercure, et en argentant à demi la face supérieure de la lame de verre, réaliser un bain de mercure pour l'usage astronomique; il suffira de régler en coïncidence l'image des miroirs d'argent et de mercure. On peut prendre l'indice du verre égal à celui de la glycérine, et alors l'appareil est correct. Un retournement permet d'éliminer l'erreur résiduelle.

Si l'homogénéité de la glycérine se montre suffisante pour l'obtention de franges d'interférence, de nombreuses applications deviendront réalisables.

Nous nous réservons d'étudier ces diverses questions à mesure que les circonstances nous le permettront.

ASTRONOMIE. — *Sur l'analyse statistique des amas d'étoiles.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Appell.

Le problème de la détermination de la distribution des étoiles au sein des amas réguliers, d'après leur distribution apparente sur la sphère céleste, a été résolu pour la première fois par M. von Zeipel (*Ann. de l'Obs. de Paris*, t. XXV) qui, par application d'une transformation d'Abel, est arrivé à la formule

$$\delta(\rho) = \frac{1}{\pi}\int_\rho^R \sqrt{r^2-\rho^2}\,\frac{d}{dr}\,\frac{\sigma'(r)}{r}\,dr;$$

R étant le rayon extérieur de l'amas, $\delta(\rho)$ la densité au sein de l'amas, à la distance ρ du centre et $\sigma(r)$ la densité apparente dans la projection de l'amas sur la sphère céleste.

En 1910, pendant mon séjour à l'Observatoire du Mont Wilson, après avoir assisté le professeur G.-W. Ritchey à l'obtention de clichés d'amas stellaires, au moyen du télescope de $1^m,50$ de diamètre, j'ai naturellement été tenté d'appliquer la formule de M. von Zeipel aux résultats du dénombrement des étoiles de ces clichés. J'ai rencontré alors quelques particularités analytiques qui peuvent faciliter l'étude des amas stellaires et que je vais résumer ici:

Si, guidé par l'apparence même de la courbe représentative de la fonction $\sigma(r)$, on cherche à l'interpoler, en première approximation, par une expression de la forme

$$\sigma = \sigma_0 e^{-h^2 r^2},$$

la transformation de von Zeipel donne également

$$\delta(\rho) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \sigma_0 e^{-h^2 \rho^2}.$$

D'où le problème suivant : *Trouver pour $\sigma(r)$ un développement en série permettant d'écrire d'un trait de plume l'intégrale du problème de von Zeipel.*

J'ai trouvé les éléments de la solution de ce problème dans les belles recherches d'Hermite : *Sur un nouveau développement en série des fonctions* (*Comptes rendus*, t. 58, 1864).

Hermite prend, comme fonction génératrice de ses développements, l'expression

$$e^{-\varphi(x, y, z, \ldots)},$$

où φ désigne une forme quadratique à un nombre quelconque de variables. Bornons-nous, pour l'instant, au cas où la densité stellaire admet une symétrie sphérique (amas globulaires) et prenons $\varphi = x^2 + y^2 + z^2 = \rho^2$. Le *polynome adjoint d'Hermite*, $V_{m,n,p}$ se réduit à

$$V_{m,n,p} = U_{m,n,p} = U_m(x) U_n(y) U_p(z);$$

quant à $U_m(x)$, c'est le *polynome d'Hermite* de degré m :

$$U_m(x) = e^{x^2} \frac{d^m}{dx^m} e^{-x^2}.$$

Pour la concision de l'écriture, je poserai

$$U_m(x) = X_m, \qquad U_n(y) = Y_n, \qquad U_p(z) = Z_p \qquad \text{et} \qquad U_s(r) = R_s.$$

La densité cubique δ pourra alors se mettre sous la forme

$$\delta(x, y, z) = e^{-\rho^2} \Sigma\Sigma\Sigma A_{m,n,p} X_m Y_n Z_p,$$

où

$$A_{m,n,p} = \frac{1}{m!\,n!\,p!} \pi^{-\frac{3}{2}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x, y, z) X_m Y_n Z_p \, dx\, dy\, dz.$$

La densité apparente σ s'en déduit

$$\sigma = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta\, dz = e^{-(x^2+y^2)} \Sigma\Sigma B_{m,n} X_m Y_n,$$

avec la relation

$$B_{m,n} = A_{m,n,0}\sqrt{\pi}.$$

De même la densité que M. Plummer appelle *lamellaire* sera

$$\lambda(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma\, dy = e^{-x^2} \Sigma\, C_m\, X_m(x),$$

avec encore

$$C_m = B_{m,0}\sqrt{\pi}.$$

Ainsi, quand on voudra former le tableau triple des coefficients $A_{m,n,p}$, on en connaîtra déjà les *faces* ou les *arêtes* selon qu'on partira de σ ou de λ. Or, il est bien certain, astronomiquement parlant, qu'on ne saurait garnir *arbitrairement* l'intérieur du tableau ; on est donc conduit à rechercher une double infinité de relations qui doivent nécessairement exister entre la triple infinité de coefficients $A_{m,n,p}$. Dans le cas de la symétrie sphérique, ces relations peuvent s'écrire très simplement.

A cet effet, groupons tous les termes de même poids $\varpi = m + n + p$; nous trouverons, sous forme symbolique,

$$\Sigma_{\varpi} A_{m,n,p} X_m Y_n Z_p = A_{\varpi,0,0} (X^{(2)} + Y^{(2)} + Z^{(2)})^{\left(\frac{\varpi}{2}\right)},$$

les exposants devant, après le développement, être remplacés par des indices.

J'ai fait arbitrairement $h = 1$; cela ne restreint pas la généralité des résultats ; mais il y a lieu de prendre une valeur plus convenable. M. C.-V. Charlier, qui a généralisé dans une autre direction la théorie des développements d'une fonction arbitraire en série procédant selon les dérivées successives d'une même fonction génératrice, a traité, de son côté, le cas particulier de la fonction $e^{-h^2x^2}$; il a montré qu'on peut choisir h de manière à faire disparaître les termes B_1 et B_2 ; le terme B_3 disparaît de lui-même quand il n'y a pas de dissymétrie (*skewness*). Les coefficients se déduisent facilement des *moments* des différents ordres de la variable ρ, rapportée au centre de gravité. On peut généraliser la notion des *moments* de M. Charlier et introduire des moments à deux ou plusieurs indices, qui utilisent immédiatement les ascensions droites et les déclinaisons observées des étoiles. Mais il est numériquement plus exact d'utiliser l'hypothèse de la symétrie sphérique pour former σ en fonction de r ; on en déduira facilement $\sigma(x, y)$.

La difficulté qu'on rencontre dans ce genre de recherches est la détermination de la densité stellaire au centre apparent de l'amas. Quand les

clichés sont très riches (j'ai vu un cliché de l'amas d'Hercule sur lequel *on a compté* plus de 25 000 étoiles), le centre est complètement irrésoluble. La photométrie des différentes régions de l'amas pourra donner de précieux renseignements; je me propose d'appliquer prochainement la méthode à l'amas d'Hercule.

Par analogie avec ce qui se fait dans la théorie des fonctions satisfaisant à l'équation de Laplace, on peut donner le nom d'*harmoniques statistiques* aux expressions de la forme $e^{-h^2\rho^2} X_m Y_n Z_p$. La décomposition de la densité stellaire de l'amas en ses harmoniques statistiques est très avantageuse pour les recherches théoriques, car ces fonctions se prêtent merveilleusement bien aux transformations, particulièrement aux différentiations et aux intégrations de tous ordres. Il est facile de former, par exemple, la fonction dont la dérivée seconde est $-\rho\delta$ et, comme l'a suggéré M. v. Zeipel, de rechercher si l'on peut la mettre sous la forme $\rho\delta^{\gamma-1}$ qu'on rencontre dans la théorie des masses gazeuses en équilibre adiabatique. Plus simplement, on pourra la comparer aux carrés moyens des mouvements propres dans l'amas, quand ceux-ci seront mieux connus.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété caractéristique des familles de Lamé.* Note de M. **A. Demoulin**.

I. Soit (S) une surface variable dépendant d'un paramètre ρ_2 et rapportée au réseau (u, v) de ses lignes de courbure. Attachons à tout point M de cette surface le trièdre trirectangle $Mxyz$ dont les arêtes Mx et My sont respectivement tangentes aux lignes $v = \text{const.}$, $u = \text{const.}$ qui se croisent en ce point. Les translations et rotations de ce trièdre sont, lorsque u varie seul, A, o, o, o, q, r; lorsque v varie seul, o, C, o, p_1, o, r_1; lorsque ρ_2 varie seul, ζ_2, η_2, ζ_2, p_2, q_2, r_2. Ces quantités sont liées par 17 relations que nous ne pouvons reproduire ici.

II. Soit

$$\frac{dv}{du} = \varphi(u, v, \rho_2) \tag{1}$$

l'équation différentielle d'une famille de courbes (Γ) tracées sur (S). Cherchons à déterminer φ de manière que la congruence engendrée par cette famille soit normale ([1]).

([1]) Pour la concision du langage, nous dirons qu'une congruence de courbes est normale lorsque ces courbes sont orthogonales à une infinité de surfaces.

Les composantes d'un déplacement infiniment petit $(du, dv, d\rho_2)$ du point M sont $A\,du + \xi_2 d\rho_2$, $C\,dv + \eta_2 d\rho_2$, $\zeta_2 d\rho_2$. La tangente en M à celles des courbes (Γ) qui passe par ce point a pour paramètres directeurs $A, C\varphi, o$. Exprimons que le déplacement est orthogonal à la tangente, il viendra

$$A^2 du^2 + C^2 dv^2 + (A\,\xi_2 + C\varphi\eta_2)\,d\rho_2 = 0.$$

Pour que les courbes (Γ) soient orthogonales à une famille de surfaces, il faut et il suffit que cette équation soit complètement intégrable. Cette dernière condition s'exprime par l'équation

$$(2)\quad AC^2\xi_2\frac{\partial\varphi}{\partial u} + A^2C\eta_2\frac{\partial\varphi}{\partial v} - A^2C^2\frac{\partial\varphi}{\partial\rho_2} + M\varphi + (A^2 + C^2\varphi^2)(Cr\xi_2 + Ar_1\eta_2 - ACr_2) = 0,$$

où l'on a posé

$$M = 2AC^2\frac{\partial A}{\partial\rho_2} - 2A^2C\frac{\partial C}{\partial\rho_2} - AC^2\frac{\partial\xi_2}{\partial u} + A^2C\frac{\partial\eta_2}{\partial v}$$
$$- C^2\frac{\partial A}{\partial u}\xi_2 + A^2\frac{\partial C}{\partial v}\eta_2 + 2A^2Cr_1\xi_2 + 2AC^2r\eta_2.$$

III. D'après le théorème de Dupin et sa réciproque, pour que (S) engendre une famille de Lamé, il faut et il suffit que la congruence formée par les lignes de courbure $v = \text{const.}$ soit normale, c'est-à-dire que l'équation (2) admette la solution $\varphi = 0$. Cette condition est équivalente à la suivante :

$$(3)\qquad Cr\xi_2 + Ar_1\eta_2 - ACr_2 = 0.$$

IV. Il suit de là que dans le cas où la surface (S) engendre une famille de Lamé, l'équation (2) se réduit à

$$AC^2\xi_2\frac{\partial\varphi}{\partial u} + A^2C\eta_2\frac{\partial\varphi}{\partial v} - A^2C^2\frac{\partial\varphi}{\partial\rho_2} + M\varphi = 0.$$

Si une fonction φ satisfait à cette équation, $-\varphi$ y satisfait aussi; donc, on peut trouver sur (S) une infinité de réseaux harmoniquement conjugués au réseau des lignes de courbure, ces réseaux étant tels que les deux familles qui composent chacun d'eux engendrent des congruences normales.

Cette propriété caractérise les familles de Lamé; il suffit même de savoir qu'une surface (S) dépendant d'un paramètre possède *un* réseau harmoniquement conjugué au réseau des lignes de courbure et tel que chacune des deux familles qui le composent engendre une congruence normale pour pouvoir affirmer que les surfaces (S) forment une famille de Lamé. Alors,

en effet, l'équation (2) admet deux solutions égales et de signes contraires et la relation (3) est vérifiée.

En particulier, si les deux familles d'asymptotiques engendrent des congruences normales, la surface (S) engendre une famille de Lamé. Ce théorème a été établi récemment par M. Kéraval (*Comptes rendus*, séance du 17 novembre 1913).

V. Supposons qu'une surface (S) engendre une famille de Lamé et prenons pour u et v les paramètres des deux familles de Lamé qui forment avec la première un système orthogonal. Si l'on adopte les notations de M. Darboux (*Leçons sur les systèmes orthogonaux*, Livre II, Chap. II), l'équation (2) se réduit à la suivante :

$$\frac{\partial \log \varphi}{\partial \rho_2} = 2\frac{\partial \log H}{\partial \rho_2} - 2\frac{\partial \log H_1}{\partial \rho_2}.$$

L'intégrale de cette équation est

$$\varphi = \frac{H^2}{H_1^2}\lambda(\rho, \rho_1).$$

Par suite, l'équation (1) peut s'écrire

$$\frac{d\rho_1}{d\rho} = \frac{H^2}{H_1^2}\lambda(\rho, \rho_1). \tag{4}$$

VI. Les deux familles d'asymptotiques ont pour équations différentielles

$$\frac{d\rho_1}{d\rho} = \pm\sqrt{-\frac{H\beta_{20}}{H_1\beta_{21}}}.$$

En exprimant que ces équations sont du type (4), on obtient la relation qui caractérise les familles de Lamé considérées par M. Kéraval

$$\frac{H_1^3\beta_{20}}{H^3\beta_{21}} = -\overline{\lambda(\rho, \rho_1)}^2.$$

Si l'on tient compte des formules (A) (Ouvrage cité, p. 188), on déduit de là

$$\frac{1}{H^2} + \frac{\overline{\lambda(\rho, \rho_1)}^2}{H_1^2} = \mu(\rho, \rho_1).$$

$\mu(\rho, \rho_1)$ est $\neq 0$, car, dans le cas contraire, les surfaces (S) seraient des

sphères. $\mu(\rho, \rho_1)$ n'étant pas nulle, l'équation précédente permet de poser

$$H = \frac{A_2}{\sin\omega}, \qquad H_1 = \frac{B_2}{\cos\omega},$$

A_2 et B_2 désignant des fonctions de ρ et de ρ_1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réductibilité des systèmes différentiels.* Note de M. E. **Vessiot**, présentée par M. E. Picard.

1. Dans une Communication à la Société mathématique de France (mars 1911), j'ai exposé une théorie de la réductibilité de l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial z}{\partial t} = W(t \mid x_1, \ldots, x_n, z \mid p_1, \ldots, p_n) \qquad \left(p_i = \frac{\partial z}{\partial x_i}; i = 1, 2, \ldots, n\right),$$

fondée sur cette remarque que l'intégration du système des caractéristiques équivaut à celle de l'équation

$$(2) \qquad o = Kf = \frac{\partial f}{\partial t} + [W, f] - W\frac{\partial f}{\partial z},$$

qui rentre dans la catégorie des *équations de Lie généralisées*, étudiées par moi précédemment. J'indiquai, en même temps, des généralisations étendues aux systèmes d'équations aux dérivées partielles d'ordre quelconque.

Mais on peut traiter ces mêmes questions [1] directement en leur appliquant les idées nouvelles sur la réductibilité des systèmes de Pfaff complètement intégrables, exposées dans mes Notes du 8 novembre 1909 et du 20 juin 1910 et dans mon Mémoire publié en 1912 dans les *Annales de l'École Normale*. Cette méthode réussit immédiatement pour tout problème d'intégration qui comporte la réduction d'un système d'équations de Pfaff, complètement intégrable ou non, à une forme canonique qui contient un moindre nombre de variables et qui admet un groupe continu de transformations. La première de ces deux restrictions (réduction du nombre des variables) n'est, du reste, pas essentielle.

2. Bornons-nous, pour plus de clarté, à l'équation (1). L'intégrer équi-

[1] M. J. Drach a indiqué, sans démonstrations, l'intervention de ces équations de *groupes de rationalité*, dans sa Thèse (1898) et dans ses Communications au Congrès international des Mathématiciens de Cambridge (août 1912).

vaut à trouver un changement de variables

$$(3)\quad X_i = \xi_i(t \mid x, z, p), \qquad Z = \zeta(t \mid x, z, p), \qquad P_i = \varpi_i(t \mid x, z, p), \qquad T = t,$$

qui ramène l'équation de Pfaff

$$(4)\qquad dz - \sum_{i=1}^{n} p_i\, dx_i - W\, dt = 0$$

à la forme canonique

$$(5)\qquad dZ - \sum_{i=1}^{n} P_i\, dX_i = 0.$$

L'existence de tels changements de variables met en évidence l'existence de deux groupes en $t, z, x_1, \ldots, x_n, p_1, \ldots, p_n$ laissant invariante l'équation (4) : le groupe le plus général (G) qui possède cette propriété, et le groupe (g) qui laisse invariante toute solution de (4), à $\overline{n+1}$ dimensions. Les équations de définition de (G) sont rationnelles; de (g) on connaît sa transformation infinitésimale générale, qui est $\lambda.Kf$, λ étant une fonction arbitraire de $t, z, x_1, \ldots, x_n, p_1, \ldots, p_n$. Le problème se réduit à trouver les invariants de (g). Enfin ceux-ci sont transformés par (G) suivant un groupe dont la structure est celle du groupe général des transformations de contact en $Z, X_1, \ldots, X_n$.

Si l'équation (1) est *spéciale*, son mode de spécialité sera caractérisé par un *groupe spécifique* (G_0), qui est le groupe le plus restreint, à équations de définition rationnelles, qui soit contenu dans (G) et contienne (g); le *groupe de rationalité* sera l'un de ceux qui indiquent comment (G_0) transforme les invariants de (g).

L'existence d'une transformation (3), dans laquelle ξ_i, ζ, ϖ_i se réduisent respectivement à x_i, z, p_i, pour $t = t_0$, permet de montrer que tout système différentiel rationnel admettant pour solution une transformation canonisante (3) est invariant par le groupe spécifique; et qu'un tel système, s'il est de degré de généralité minimum, est un système automorphe dont le groupe a la structure du groupe de rationalité, et qui n'admet, en x_i, z, p_i, t aucun groupe plus général que le groupe spécifique.

Plus généralement, toute propriété spéciale de (1), à caractère rationnel, par exemple l'existence d'autres équations aux dérivées partielles, d'ordre quelconque, rationnelles, qui soient comparables avec (1) sans en être des conséquences, entraîne la rationalité d'un groupe contenu dans (G) et

contenant (g); et, par suite, l'existence d'un système automorphe rationnel déterminant des transformations (3) particulières.

Le groupe spécifique et les groupes de rationalité qui lui sont associés traduisent donc complètement tous les caractères spéciaux d'une équation (1) particulière quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés asymptotiques des polynomes.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Picard.

I. Dans plusieurs problèmes d'analyse on est amené à rechercher quelle est l'amplitude minima de l'oscillation d'un polynome de degré donné dans un intervalle donné, s'il doit satisfaire à certaines conditions déterminées. Les plus simples de ces questions ont été traitées par Tchebyscheff et ses élèves: Zolotareff et A. et W. Markoff; et toutes les fois où la solution a pu être donnée explicitement, elle s'exprime au moyen du polynome de Tchebyscheff $\cos n \arccos x$. Pris dans toute sa généralité le problème présente de très grandes difficultés; mais heureusement le cas le plus intéressant pour la théorie des fonctions, celui où le degré n du polynome croît indéfiniment, peut être traité facilement. Il suffit de *construire des expressions asymptotiques des polynomes oscillateurs* (1) *de genre supérieur à zéro* qui dépendent de plusieurs paramètres arbitraires. A cet effet, nous résolvons d'abord le problème suivant :

Déterminer l'expression asymptotique du polynome (2) $H(x)$ *de degré n qui s'écarte le moins possible de zéro dans l'intervalle* $(-1, +1)$, *et la valeur asymptotique* E *de son écart maximum, si l'on a* $H(x) = S(x). R(x)$, *où*

$$R(x) = x^h + b_1 x^{h-1} + \ldots + b_h, \qquad S(x) = x^{n-h} + p_1 x^{n-h-1} + \ldots + p_{n-h},$$

$R(x)$ *étant un polynome arbitraire donné* (*à coefficients réels*) *qui ne s'annule pas sur le segment* $(-1, +1)$.

(1) Voir mon Mémoire des *Acta mathematica*, t. XXXVII.

(2) Ce problème est à rapprocher du problème de la détermination de la fraction $H(x) = \frac{S(x)}{R(x)}$, qui s'écarte le moins de zéro, résolu par Tchebyscheff (*Œuvres*, t. I, sur les questions de minima, etc.).

En désignant par $a_1, a_2, \ldots, a_h$ les racines de $R(x) = 0$, on trouve

$$H(x) \sim \frac{(a_1 + \sqrt{a_1^2 - 1}) \ldots (a_h + \sqrt{a_h^2 - 1})}{2^{n-1}} \cos(n\varphi - \delta_1 - \delta_2 - \ldots - \delta_h),$$

où $\cos\varphi = x$, $\cos\delta_i = \dfrac{a_i x - 1}{x - a_i}$, de sorte que

$$(1) \qquad E = \frac{(a_1 + \sqrt{a_1^2 - 1}) \ldots (a_h + \sqrt{a_h^2 - 1})}{2^{n-1}}$$

(le signe devant le radical est toujours tel que $|a_i + \sqrt{a_i^2 - 1}| > 1$).

II. On peut profiter de l'indétermination des $(h+1)$ paramètres dans $\lambda H(x)$ pour la résolution de différentes questions. Ainsi on pourra calculer la valeur asymptotique E du minimum de l'écart dans l'intervalle $(-1, +1)$ du polynome $P(x)$ de degré n assujetti aux conditions $P(a_i) = A_i^0$, $P'(a_i) = A_i'$, $\ldots$, $P^{(k)}(a_i) = A_i^{(k)}$ en des points quelconques a_i extérieurs au segment $(-1, +1)$. Pour éviter des formules compliquées, considérons seulement quelques exemples simples :

1. Soit $P(a_1) = 1$, $P(a_2) = 0$, où $a_1 > 1$, $a_2 > 1$; on a

$$E = \frac{2\left[a_1 a_2 - 1 + \sqrt{(a_1^2 - 1)(a_2^2 - 1)}\right]}{|a_1 - a_2|(a_1 + \sqrt{a_1^2 - 1})^n}.$$

2. Soit $P(a) = 1$, $P'(a) = 0$, $P''(a) = 0$; on a

$$E = \frac{4n^2(a^2 - 1)}{(a + \sqrt{a^2 - 1})^n}, \qquad \ldots$$

III. La même idée pourra être utilisée, lorsqu'on se donne plusieurs des coefficients de $P(x)$. Je me bornerai à résoudre le problème suivant :

Déterminer la valeur asymptotique E *du minimum de l'écart dans l'intervalle* $(-1, +1)$ *du polynome de degré* n

$$P(x) = x^n + \sigma_1 x^{n-1} + \sigma_2 x^{n-2} + \ldots + \sigma_k x^{n-k} + p_1 x^{n-k+1} + \ldots + p_{n-k},$$

où $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_k$ *sont des constantes données.*

Si k est *pair*, on a

$$E = \frac{n^{\frac{k}{2}}}{2^{n-1}\left(\frac{k}{2}\right)!};$$

si k est *impair*, on a

$$E = \frac{\left(|\sigma_1| + \sqrt{1+\sigma_1^2}\right) n^{\frac{k-1}{2}}}{2^{n-1}\left(\frac{k-1}{2}\right)!}.$$

Il est essentiel de remarquer que les expressions E ne seraient plus les mêmes, si les coefficients σ croissaient indéfiniment avec n; on pourra donner, en général, des expressions de E correspondant à chaque loi de croissance déterminée des σ.

HYDROGRAPHIE. — *Modifications de la côte sud de Bretagne, entre Penmarc'h et la Loire.* Note de M. **F. La Porte**, présentée par M. Hatt.

Les nouvelles reconnaissances hydrographiques, effectuées de 1901 à 1912, permettent de se rendre compte des modifications qui se sont produites depuis un siècle sur la côte sud de Bretagne.

Les premiers levés ont été exécutés par Beautemps-Beaupré, de 1818 à 1821. Un intervalle de près d'un siècle sépare donc ces deux séries de reconnaissances dont la précision est de même ordre.

Les levés récents s'appuient sur une triangulation différente de celle de Beautemps-Beaupré, mais ayant avec celle-ci un certain nombre de points communs. Nous en avons déduit pour chaque région les corrections nécessaires pour le report des carreaux des anciennes minutes sur les nouvelles, de manière à obtenir une comparaison précise des *traits de côte*.

Ces *traits de côte* sont définis par l'intersection du géoïde avec la surface de niveau correspondant aux plus hautes marées. Sur les plages de sable (dont nous nous occuperons seulement) le trait de côte ainsi défini coïncide avec le pied des dunes et avec la limite de végétation herbée qui les recouvre. Pratiquement, c'est cette limite de végétation qui a toujours été prise par les hydrographes, du temps de Beautemps-Beaupré comme du nôtre, pour la *laisse de pleine mer*. Sa détermination se fait par des stations au théodolite espacées de 100^{m} à 150^{m}. Construites graphiquement à l'échelle du $\frac{1}{14400}$, elles peuvent donner, pour la comparaison des minutes, une précision de 6^{m} à 7^{m}.

Nous dirons qu'une côte a *avancé* lorsqu'elle a gagné sur la mer, qu'elle a *reculé* dans le cas contraire.

La pointe de Penmarc'h, entre Saint-Guénolé et Kérity, sur une longueur de 3500^{m}, a partout reculé; le recul atteint parfois plus de 60^{m}; la moyenne est de 35^{m}, pour 86 ans, soit 40^{m} par siècle.

De Penmarc'h à Loctudy, le recul est moins prononcé; il prédomine cependant et atteint une quarantaine de mètres à la pointe de Saint-Oual. Au nord de Loctudy, se poursuit le travail d'engraissement qui a fait de l'ancienne *île Tudy* une presqu'île maintenant reliée par une ligne continue de dunes à l'entrée de l'Odet. Cette ligne de dunes a avancé dans le Sud et reculé dans la partie Nord.

De l'Odet à Begmeil, le recul de la côte est général; il est d'une vingtaine de mètres en moyenne pour la grande plage située entre Benodet et la pointe de Mousterlin.

Il en est de même pour la plage située au sud de Concarneau, entre la pointe de la Jument et celle de Trévignon.

Près de Lorient, la plage de Gâvre a reculé d'une quarantaine de mètres sur une longueur de 600^m, à l'est des établissements du polygone.

L'isthme de Penthièvre s'est rétréci d'une dizaine de mètres et la côte Est de la presqu'île a reculé d'une trentaine de mètres en moyenne sur une longueur de 1500^m au nord du fort.

Sur la côte de Carnac, des salines ont été desséchées et la côte a gagné de 80^m à 100^m.

A l'est de l'entrée du Morbihan, les plages présentent une remarquable stabilité; les *traits de côte* de 1821 et de 1906 coïncident exactement. Il en est de même au sud de la Vilaine; la grande plage qui s'étend de la Turballe à Penbron n'a subi aucun changement.

A la côte du Croisic, la plage Valentin a reculé en moyenne de 15^m. La grande plage qui s'étend du Pouliguen à La Baule a avancé de quantités variables, sauf entre La Baule et Mazy où, sur une longueur de 2000^m non encore envahie par les constructions balnéaires, les *traits de côte* de 1821 et 1913 coïncident exactement.

Les modifications qui précèdent peuvent être attribuées aux trois causes suivantes : effets dynamiques de la mer, mouvements verticaux du sol, courants littoraux. Nous devons éliminer ces derniers qui, en dehors de la Loire, sont trop faibles pour exercer une action sensible. Les effets dynamiques de la mer doivent avoir une influence prépondérante sur les côtes exposées directement à la grande houle du large, comme Penmarc'h, Gâvre, le Croisic.

Par ailleurs, si nous comparons les modifications constatées sur des plages semblablement exposées, nous voyons que le phénomène de recul est beaucoup plus prononcé dans la partie Ouest que dans la partie Est. On ne peut attribuer cette différence à un déplacement local du niveau moyen,

le régime de la marée étant presque identiquement le même entre Penmarc'h et la Loire. Tout se passe donc comme si la côte sud de Bretagne oscillait autour d'un axe passant aux environs de Quiberon, la partie Ouest s'enfonçant, la partie Est se relevant ou restant immobile.

Quant à la valeur quantitative de ce mouvement d'oscillation, nous avons essayé de la déduire du recul moyen et de la pente moyenne de certaines plages abritées de la mer du large; nous avons été ainsi conduit à admettre une valeur maximum de 12cm par siècle.

PHYSIQUE. — *Sur l'origine du magnétisme terrestre.*
Note de M. A. Korn, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note récente (1), M. Kr. Birkeland s'est occupé de la question, si le magnétisme terrestre peut avoir été créé par des influences secondaires de la rotation de la Terre. L'éminent physicien norvégien, en s'appuyant sur ses belles expériences bien connues, cherche la cause du magnétisme terrestre dans l'induction qu'exercent les rayons héliocathodiques sur la Terre en rotation. Je me permets de rappeler à cette occasion une théorie du magnétisme terrestre un peu différente (2), mais s'accordant avec la théorie de M. Birkeland, quant à la supposition fondamentale que le magnétisme terrestre doit son origine à la rotation de la Terre et que ce n'est pas par un pur hasard que l'axe magnétique de la Terre se trouve si près de son axe de rotation.

Je suppose que la Terre (comme tous les corps célestes) fait des pulsations (changements de volume périodiques) de très haute fréquence, mais d'amplitude minime; c'est la vibration fondamentale des *vibrations universelles* (3), dont un système de particules faiblement compressibles est capable dans un milieu indéfini et incompressible. La gravitation universelle peut être regardée comme une conséquence immédiate des pulsations universelles, mais je ne veux pas m'occuper ici de cette conséquence des pulsations de la Terre; je voudrais attirer l'attention sur la composition de ces pulsations avec le mouvement rotatif de la Terre. Comme la Terre change périodique-

(1) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 275.

(2) A. Korn, *Sitz. Ber. d. K. Bayer. Ak. d. Wissch.*, t. XXVIII, 1898, p. 129.

(3) *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 31; *Ann. de l'Éc. Norm. sup.*, 3e série, t. XX, 1903, p. 133; *Eine Theorie der Reibung in kontinuierlichen Massensystemen.* Berlin, Ferd. Dümmler, 1902.

ment son volume, elle ne pourra pas faire un mouvement rotatif de vitesse uniforme, mais à une rotation de vitesse constante viendra s'ajouter une rotation de vitesse périodique, et c'est justement cette rotation périodique qui correspond dans mes théories mécaniques à un champ magnétique engendré par des particules magnétiques dont l'axe est parallèle à l'axe de rotation de la Terre.

Comme dans la théorie de M. Birkeland, ce champ magnétique paraît d'abord trop petit pour produire le champ magnétique de la terre assez fort que nous observons; mais nous devons nous imaginer que ce champ ne s'est pas formé tout d'un coup, c'est le résultat obtenu d'un temps extraordinairement grand; peu à peu les particules magnétiques permanentes ou à peu près permanentes de la Terre se sont orientées suivant ce champ, et le magnétisme terrestre n'est donc pas un phénomène explicable par l'état actuel de la matière, mais c'est un phénomène *héréditaire* dans le genre de ceux que M. Volterra a envisagés dans ses applications des équations intégro-différentielles. Nous devons bien penser qu'il y a toujours eu dans la Terre des particules magnétiques permanentes (le phénomène du magnétique permanent peut être aussi expliqué d'une manière purement mécanique comme un phénomène de vibrations mécaniques de très haute fréquence), mais l'orientation de ces particules s'est faite peu à peu, et si nous pouvions arrêter la Terre dans son mouvement de rotation, le champ magnétique de la Terre ne disparaîtrait pas tout d'un coup; si elle commençait à tourner dans le sens opposé, la direction de l'axe magnétique ne changerait que lentement et se rapprocherait peu à peu du sens opposé de l'axe actuel.

On comprend de cette manière du reste que le Soleil et les planètes peuvent avoir une influence périodique sur la direction de l'axe magnétique de la Terre, et l'on se trouve en face d'un problème d'hérédité assez compliqué, si l'on veut expliquer les variations diurnes et séculaires de l'axe magnétique de la Terre.

Il n'est pas invraisemblable que la rotation de la Terre ait ainsi plusieurs influences secondaires tendant toutes vers le même but, c'est-à-dire à rendre l'axe magnétique de la Terre parallèle à l'axe de rotation; il s'agira de trouver les influences prépondérantes ou encore mieux les quantités exactes de chaque influence; malgré la difficulté de ces problèmes, il n'y a pas lieu de désespérer de la possibilité d'une solution, puisque nous sommes guidés par des observations très exactes des variations de l'axe magnétique de la Terre.

PHYSIQUE. — *Sur les particularités du phénomène Zeeman dans les spectres de séries de l'oxygène et de l'hydrogène.* Note de M. F. **Croze**, présentée par M. G. Lippmann.

Paschen et Back ont étudié le phénomène Zeeman sur le triplet

$$3947 \quad (\Delta\lambda = 0,293;\ \Delta n = 1,88 \text{ cm : sec})$$

de la série principale de l'oxygène et sur les raies H_α et H_β de la première série secondaire de l'hydrogène, qu'ils considèrent comme des doublets ($H_\alpha \Delta n = 0,32$) (¹).

Dans le cas de l'oxygène, ils ont trouvé qu'à partir de la valeur du champ pour laquelle les composantes magnétiques viennent à s'enchevêtrer, l'ensemble du triplet naturel ne donne plus qu'un seul triplet magnétique. La composante centrale de ce triplet n'est d'abord pas complètement polarisée et l'écart des composantes latérales diffuses est plus grand que l'écart normal. A mesure que le champ augmente, la polarisation de la composante centrale devient de plus en plus complète et l'écart des composantes latérales tend vers l'écart normal. Cette dernière valeur est atteinte pour une valeur du champ de l'ordre de 40000 gauss.

Avec l'hydrogène, ils ont également observé un triplet dans lequel la polarisation de la composante centrale devient de plus en plus complète à mesure qu'augmente le champ. L'écart des composantes latérales, qui correspond à $\frac{\Delta\lambda}{H\lambda^2} = 1,04.10^{-4}$ pour les valeurs du champ comprises entre 14000 et 32000 gauss, donne pour $\frac{\Delta\lambda}{H\lambda^2}$ une valeur moyenne de $1,01.10^{-4}$ seulement quand le champ est de l'ordre de 40000 gauss. Paschen et Back rattachent les phénomènes observés sur l'hydrogène à ceux qu'ils ont obtenus relativement au triplet 3947 de l'oxygène.

Ils produisaient les spectres étudiés dans un tube de Geissler disposé *perpendiculairement* à l'axe de leur électro-aimant. Leurs observations relatives à l'hydrogène sont en désaccord avec celles que j'avais publié antérieurement (²) et que j'ai reprises depuis (³). Dans mes expériences, le tube de Geissler était disposé *parallèlement* à l'axe de l'électro. Dans des champs de l'ordre de 24000 gauss, j'ai toujours obtenu pour chacune des quatre raies H_α, H_β, H_γ, H_δ de la série de l'hydrogène un *triplet pur de polarisation et d'écart normaux*.

(¹) Paschen et Back, *Ann. der Phys.*, 4e série, t. XXXIX, 1912, p. 897-932; t. XL, 1913, p. 960-970.

(²) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1410.

(³) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1607.

En présence de ce désaccord d'ordre à la fois qualitatif et quantitatif, et à cause de l'importance théorique considérable des faits signalés par Paschen et Back, il était intéressant de reprendre les expériences en comparant les phénomènes observés quand la décharge parcourt le tube parallèlement ou qu'elle est contrainte de se produire perpendiculairement à la direction des lignes de force du champ magnétique. Voici les résultats de ces expériences, effectuées avec les mêmes appareils qui m'ont servi précédemment.

Le triplet 3947 de l'oxygène se comporte dans le champ magnétique exactement de la même façon quand le tube est placé parallèlement ou qu'il est disposé perpendiculairement à l'axe de l'électro. Les résultats que j'ai obtenus s'accordent parfaitement avec ceux de Paschen et Back.

Avec l'hydrogène, il en est autrement. En plaçant le tube perpendiculairement à l'axe de l'électro, j'ai trouvé comme ces physiciens que la composante centrale du triplet n'est pas complètement polarisée. Pour un champ de 14500 gauss, la composante centrale correspondant aux vibrations électriques perpendiculaires au champ est à peu près aussi intense que les composantes latérales; elle est déjà beaucoup plus faible quand le champ atteint 19400 gauss. Pour ces valeurs du champ, la valeur moyenne de l'écart est telle que $\frac{\Delta\lambda}{H\lambda^2} = 1,05.10^{-4}$. Ces résultats s'accordent parfaitement avec ceux de Paschen et Back. Mais si le tube est placé *parallèlement* à l'axe de l'électro, j'ai vérifié avec des champs allant de 9000 à 21000 gauss que la raie H_α donne toujours *un triplet de polarisation et d'écart normaux.*

Il résulte de là que les phénomènes constatés par Paschen et Back sur les raies de l'hydrogène ne doivent pas être rattachés sans restriction à ceux qu'ils ont observés sur le triplet 3947 de l'oxygène, et qui ont été retrouvés par Back ([1]), puis précisés par Fortrat ([2]) sur le doublet 2853 du sodium ($\Delta n = 2,49$ cm : sec). D'ailleurs, il n'est pas établi d'une façon incontestable que la raie H_α soit un véritable doublet de série et qu'elle n'apparaisse double par suite seulement d'un renversement.

D'autre part, le spectre de séries de l'hydrogène est le seul sur lequel on ait constaté une variation du phénomène Zeeman observé suivant que le tube de Geissler est disposé parallèlement ou perpendiculairement à la direction des lignes de force du champ magnétique. Il importe de remar-

---

([1]) Back, *Ann. der Phys.*, t. XXXIX, 1912, p. 926-932.

([2]) Fortrat, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1067; t. 157, 1913, p. 636.

quer que, dans ce dernier cas, la décharge électrique est profondément modifiée. Des expériences sont entreprises pour chercher l'origine de ces variations.

OPTIQUE. — *Propriétés optiques d'une liqueur mixte soumise à la fois au champ électrique et au champ magnétique.* Note de MM. **A. Cotton**, **H. Mouton** et **P. Drapier**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note précédente (¹), l'un de nous a montré qu'il était théoriquement possible d'avoir des renseignements sur la symétrie des molécules d'un liquide pur en étudiant les propriétés optiques prises par ce liquide soumis à l'action simultanée de deux champs, l'un électrique, l'autre magnétique, convenablement disposés. Nous indiquions à cette époque (²) que nous commencions des expériences pour faire un essai de cette méthode sur des liqueurs mixtes, c'est-à-dire sur des liquides renfermant en suspension de très fines poussières cristallines. Sur ces poussières, beaucoup plus grosses que des molécules, les actions directrices des deux champs se manifestent en effet avec une grande intensité et l'on pouvait espérer examiner dès à présent, avec les instruments actuels, mais dans des cas particulièrement simples, les effets optiques de la superposition des deux champs considérés. C'est ce que nous avons fait, en choisissant comme liqueur mixte, après quelques essais, celle qu'on obtient en mettant en suspension dans l'aniline, de fines poussières de benzoate de calcium cristallisé.

Ce liquide, déjà étudié par Chaudier (³), présente l'avantage que la biréfringence très nette acquise dans l'un ou l'autre des champs n'est pas accompagnée de dichroïsme notable. De plus, l'aniline étant un liquide visqueux, la chute des particules, toujours gênante dans des recherches de cette nature, ne modifie pas rapidement les propriétés de la liqueur.

Nous nous sommes arrangés de façon que les particules en suspension fussent très petites, le plus souvent ultramicroscopiques ou à la limite de visibilité. (L'influence de la grosseur des particules sur la grandeur des effets observés ne sera pas examinée ici.) De plus, les liqueurs étudiées, relativement pauvres en particules, apparaissaient tout à fait limpides au simple examen à l'œil nu.

(¹) A. Cotton, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1232.

(²) Société de Chimie physique, 27 nov. 1912. (Voir *Journal Ch. ph.*, t. X, 1912, p. 693.)

(³) Chaudier, *Ann. de Ch. et de Ph.*, 8e série, t. XV, 1908, p. 67.

La méthode optique d'analyse (la même qui nous avait servi pour les liquides purs) est assez sensible pour qu'on puisse mesurer très facilement la biréfringence magnétique de la liqueur, qui est *positive*, avec des champs de quelques milliers de gauss, et la biréfringence électrique, qui est *négative*, avec des champs (alternatifs, 42 périodes) de quelques centaines de volts par centimètre seulement. L'emploi de faibles champs électrostatiques est particulièrement précieux; on évite des effets parasites gênants : un échauffement notable du liquide, et surtout ces « stries » visibles entre nicols croisés, accompagnant une agitation tourbillonnaire violente du liquide, qui ont souvent gêné dans des recherches analogues.

Dans nos expériences, le champ magnétique horizontal a gardé une orientation constante, à angle droit du faisceau lumineux. Le champ électrique a reçu successivement trois orientations différentes :

1° *Champ électrique normal à la fois au champ magnétique et au faisceau lumineux :*

Le faisceau polarisé (à 45° de l'horizontale) passe à travers une cuve de Kerr formée d'un tube de verre épais placé entre les pièces polaires de l'électro-aimant qui donne dans toute la longueur occupée (longueur 10^{cm}) un champ uniforme. Les lames métalliques servant d'armatures au condensateur sont disposées horizontalement (longueur 9^{cm}, largeur 1^{cm}, distance $0^{cm},3$), de sorte que le champ électrique est vertical. Les deux biréfringences sont de signes opposés, mais les champs sont à angle droit. Si les retards optiques dus aux deux champs se superposaient simplement, l'angle β_{em} mesurant la biréfringence obtenue avec l'ensemble devrait donc être la *somme* des valeurs absolues β_m et β_e des angles qui mesurent respectivement les biréfringences magnétique et électrique.

Or on trouve, le champ magnétique étant de 4000 gauss et le champ électrique étant obtenu avec 114 volts : $\beta_m = 555'$, $\beta_e = 325'$, $\beta_{em} = 679'$. On voit que β_{em} est, pour la liqueur étudiée, plus grand que β_m, mais diffère de $\beta_e + \beta_m (880')$.

2° *Champ électrique parallèle au champ magnétique.* — La cuve cylindrique employée précédemment est simplement tournée d'un angle droit autour de son axe. Les champs gardant sensiblement les mêmes valeurs, on trouve $\beta_m = 551'$, $\beta_e = 322'$, $\beta_{em} = 272'$. Cette fois β_{em} est plus petit que β_m, mais il n'est pas égal à la différence $\beta_m - \beta_e$ qui n'est que 229'.

3° *Champ électrique parallèle au faisceau lumineux.* — On réalise un condensateur muni d'armatures transparentes que le faisceau lumineux traverse normalement.

Pour cela on dispose en avant et en arrière de la couche de liqueur étudiée (épaisse de 15^{mm}) deux cellules cylindriques fermées par des glaces minces, remplies d'eau salée et reliées à la source électrique (secteur et transformateur donnant 2920 volts). Il y a en réalité trois couches de liqueur active intercalées entre quatre cellules conductrices reliées alternativement à l'un et l'autre pôle de la source.

Le champ magnétique restant encore 4000 gauss, mais la liqueur étant plus riche en particules et les particules étant plus grosses que dans les expériences précédentes, on a : $\beta_m = 860'$, $\beta_{em} = 619'$. Le champ électrique longitudinal employé ici ne modifie cependant en aucune manière, quand il est seul, la vibration incidente. Rien n'indiquait *a priori* si le rapport $\frac{\beta_{em}}{\beta_m}$ serait plus petit ou plus grand que l'unité : on voit donc que l'emploi de deux champs associés fournit des renseignements que l'étude des actions des deux champs séparés ne donne en aucune manière et permet de pousser plus avant la classification des liqueurs mixtes.

Ces résultats, tout à fait d'accord avec nos prévisions, ont un autre intérêt : ils montrent que la méthode d'étude des symétries, indiquée dans la Note rappelée plus haut, est *applicable à des liqueurs mixtes renfermant des grains ultramicroscopiques*. L'application de cette méthode suppose, il est vrai, qu'on ne se borne pas aux cas simples examinés ici. Il faudrait, en effet, faire varier l'angle des champs de façon à donner à tous les fragments cristallins minuscules la même orientation moyenne, puis observer, dans des directions diversement inclinées sur les lignes de force des deux champs, les propriétés optiques de la liqueur. On aurait alors des données précises sur la symétrie de ces grains très petits dont l'étude directe est impossible. Pour cette étude plus complète, il faudrait un électro-aimant plus gros.

OPTIQUE. — *Étude quantitative de l'absorption de la lumière par la vapeur de brome dans l'ultraviolet.* Note de M. G. **Ribaud**, présentée par M. J. Violle.

La théorie électromagnétique de l'absorption donne pour valeur de l'indice d'extinction χ la formule

$$\chi = \frac{1}{2} g \frac{g'\lambda^3}{(\lambda^2 - \lambda_m^2)^2 + g'^2\lambda^2}.$$

Dans le cas des gaz, une théorie cinétique de l'absorption développée par Lorentz, puis par L. Bloch, donne pour expression du coefficient d'amor-

tissement g' (1) la relation $g' = \frac{\lambda_m^2}{\pi v \tau}$, τ désignant la durée du libre parcours moyen des molécules dans le gaz et v la vitesse de la lumière. Lorentz et Königsberger d'une part, L. Bloch (2) d'autre part, dans leurs essais de vérification, arrivent à des conclusions opposées.

Dans le but de contrôler plus avant cette théorie, j'ai entrepris l'étude quantitative de l'absorption de la lumière par la vapeur de brome, en ayant soin de faire varier le plus possible les facteurs susceptibles d'influer sur le coefficient d'amortissement. La vapeur de brome possède un spectre d'absorption de bandes très facilement résolubles en raies fines, serrées, allant de $\lambda = 500^{\mu\mu}$ jusqu'au rouge extrême et d'autre part une région continue d'absorption comprise entre $520^{\mu\mu}$ et $340^{\mu\mu}$ environ. Mes mesures quantitatives ont porté sur cette région continue.

Procédé de mesure des coefficients d'absorption dans l'ultraviolet. — Si I_0 est l'intensité d'une radiation monochromatique (de longueur d'onde λ) avant son passage à travers le milieu absorbant, I l'intensité à la sortie, la quantité $\frac{I}{I_0}$ (coefficient de réduction) est donnée en fonction de l'épaisseur d traversée et de l'indice d'extinction χ par la formule

$$\text{(A)} \qquad \frac{I}{I_0} = e^{-\frac{2\pi\chi}{\lambda}d},$$

Si l'on dispose d'une source bien constante donnant un spectre continu (lampe Nernst) et si l'on fait successivement côte à côte, *avec la même durée de pose*, deux photographies, l'une à travers le milieu absorbant, l'autre, le milieu absorbant ayant été supprimé et l'intensité de la source réduite dans un rapport connu, en recherchant sur les deux photographies la région où le noircissement est le même, on aura pour la longueur d'onde ainsi obtenue la valeur de $\frac{I}{I_0}$ et, par suite, de χ. J'avais déjà entrepris mes mesures lorsque M. V. Henri (3) a publié des résultats obtenus par une méthode analogue, la quantité de lumière admise sur la plaque étant obtenue *par variation du temps de pose*. J'ai fait remarquer (4) que ce procédé de réduc-

(1) g' mesure approximativement la largeur de la bande, cette largeur correspondant aux points où l'ordonnée χ est égale à la moitié de la valeur maximum χ_m.

(2) Pour la bibliographie, voir L. Bloch, *Radium*, juin 1909.

(3) Henri, *Journal de Physique*, avril 1913, p. 305.

(4) Société française de Physique, séance du 2 mai 1913.

tion, qui suppose connue la loi d'action photographique dans l'ultraviolet et, de plus, des conditions physiques de développement toujours identiques à elles-mêmes, n'est pas correct. M. A. Cotton avait déjà signalé (1) la nécessité, dans les mesures photométriques, d'exclure *toute relation reliant le noir du cliché à l'intensité lumineuse et au temps de pose.* MM. Fabry et Buisson ont également, dans un travail récent, insisté sur ce point; dans leurs expériences, la méthode de réduction utilisée était la méthode de diaphragmentation (2). La discussion de la formule (A) montre que la précision sur la mesure de χ est d'autant plus grande que les coefficients de réduction utilisés sont plus petits. J'ai employé la méthode de réduction par deux nicols qui permet d'avoir des coefficients de réduction de $\frac{1}{100}$ mesurés avec une erreur relative inférieure à $\frac{1}{200}$.

Vapeur de brome en l'absence de gaz étranger. — Des mesures précises faites à une pression de 66^{mm} (tension de vapeur de brome à 0°) ont donné comme position du maximum $\lambda = 420^{\mu\mu}$ et pour valeur de χ_m $9,1.10^{-6}$. En introduisant cette valeur de χ_m dans la formule donnant χ, on arrive à la relation

$$\frac{\chi}{\chi_m} = \frac{g'^2 \dfrac{\lambda^3}{\lambda_m}}{(\lambda^2 - \lambda_m^2)^2 + g'^2 \lambda^2},$$

qui permet de calculer g'. g' varie notablement tout le long de la courbe d'absorption; les nombres ainsi trouvés donnent d'ailleurs, pour τ, des valeurs de l'ordre de 10^{-15}, en désaccord, par conséquent, avec la théorie cinétique.

La valeur de τ calculée à partir des résultats de Fabry et Buisson sur l'ozone, les valeurs données par Lorentz et Königsberger pour d'autres gaz, les valeurs déduites de mesures faites sur des solides, liquides et même sur des métaux, ne diffèrent que du simple au double. Cette constance du coefficient d'amortissement dans des milieux aussi différents m'a paru intéressante à signaler.

Une autre série de mesures faite à des tensions de vapeur variant entre 1^{cm} et 15^{cm} de mercure a montré que, pour chaque valeur de λ, χ est proportionnel à la pression et que, par suite, *g' est constant lorsque la pression propre de la vapeur varie.*

---

(1) A. COTTON, *A. F. A. S.*, *Congrès de Montauban*, 1902.

(2) FABRY et BUISSON, *Journal de Physique*, mars 1913, p. 196.

Influence de la pression d'un gaz étranger. — Dufour [1] a signalé que, pour les raies fines d'absorption du brome, g' augmente très rapidement si l'on ajoute à la vapeur un gaz non absorbant à haute pression. Des mesures faites en présence de CO^2 à 56^{atm}, d'oxygène à 115^{atm}, ont montré que, *dans le cas de la large bande d'absorption, g' n'est pas modifié.* On constate simplement une diminution de $\frac{1}{20}$ dans la valeur de χ_m que la théorie électromagnétique permet facilement d'expliquer.

Spectre de raies. — Remarquons que si l'on remplace, dans la formule donnant g', τ par la valeur 2.10^{-10} que donne, à la pression atmosphérique, la théorique cinétique des gaz, on trouve des largeurs de raies de l'ordre de $\frac{1}{50}$ d'unité Angström. Je n'ai pas fait de mesures à ces basses pressions, mais des expériences grossières basées sur la disparition de deux raies consécutives lorsqu'on élargit ces raies par addition d'un gaz étranger à très haute pression m'ont donné des largeurs de l'ordre de celles que la théorie fait prévoir.

En résumé, la théorie cinétique de l'absorption est fausse lorsqu'il s'agit de larges bandes; pour les raies fines, elle semble rendre compte des faits observés.

PHYSIQUE. — *Expérience de résonance optique sur un gaz à une dimension. L'amortissement des vibrateurs lumineux.* Note [2] de M. **L. Dunoyer**, présentée par M. J. Violle.

J'ai montré dans une Note antérieure [3] qu'il est possible de faire arriver dans un espace vide un flux de molécules animées toutes de vitesses parallèles ayant pour origine l'agitation thermique des molécules d'un gaz ordinaire. Ce flux réalise ce que Poincaré a nommé « un gaz à une dimension ». Il n'est pas visible par lui-même; mais grâce au phénomène de résonance optique très pure que présentent les molécules gazeuses de sodium lorsqu'elles sont soumises à l'excitation de la lumière des raies D, j'ai pu *rendre visible, sur tout son parcours, le faisceau de rayons moléculaires.*

L'expérience est réalisée de la manière suivante :

---

(1) Dufour, *Radium*, février 1908.

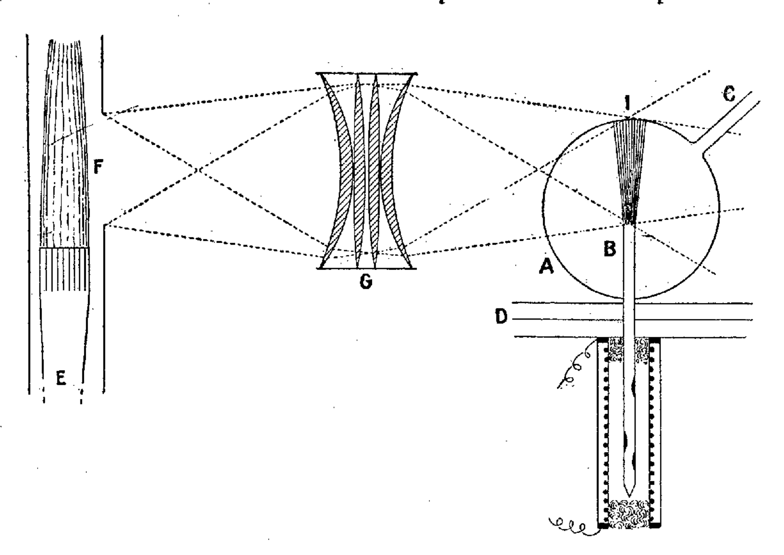
(2) Présentée dans la séance du 24 novembre 1913.

(3) L. Dunoyer, *Sur la théorie cinétique des gaz et la réalisation d'un rayonnement matériel d'origine thermique* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 592).

On produit dans le petit ballon A un flux rectiligne de molécules de sodium en chauffant la partie inférieure du tube B et en maintenant dans le ballon un degré de vide très élevé au moyen d'une pompe reliée au tube C. Pour mieux définir le point à partir duquel le faisceau peut être librement observé, on le canalise jusqu'à l'intérieur du ballon, au moyen du tube B.

La lumière excitatrice est fournie par une flamme sodée E, très pauvre en sodium, entourée d'une cheminée dans laquelle est pratiquée une fenêtre F dont un système optique G forme l'image sur l'axe du faisceau de rayons molécualires. Pour avoir beaucoup de lumière, il y a avantage à employer un condenseur symétrique formé de quatre lentilles comme l'indique la figure. Les lentilles centrales sont des lentilles biconvexes d'aberration sphérique minima pour un faisceau parallèle à l'axe tombant sur leur face la plus bombée. Les lentilles extérieures sont des ménisques aplanétiques, c'est-à-dire tels que le centre de courbure de la face concave soit l'un des points aplanétiques de la sphère à laquelle appartient la face convexe. Le point objet (centre de la fente F) est placé au point d'*aberration négative maxima* pour le ménisque frontal. Cette aberration négative corrige, au moins partiellement, le *résidu positif d'aberration sphérique* fourni par la lentille biconvexe. Un tel ensemble, facile à établir pour un prix modique, donne d'un objet une image égale à peu près dénuée d'aberration sphérique, à la condition qu'on emploie de la lumière monochromatique, et que l'objet, d'assez petites dimensions, soit placé au voisinage de l'axe [1].

Lorsqu'on chauffe vers 400° le sodium pur contenu à la partie inférieure



du tube B, on ne tarde pas à voir apparaître un faisceau lumineux occupant la position qu'indique la figure; ce faisceau est peu intense, mais il se

---

[1] Voir, au sujet de ces condenseurs : L. Dunoyer, *Sur les aberrations de sphéricité dans les objectifs* (*Journal de Physique*, t. III, 1913, p. 468).

détache avec une grande netteté au milieu de l'obscurité générale qui règne dans le petit ballon. En même temps, la tache nettement délimitée qui marque l'arrivée du faisceau sur la paroi, en I, commence à apparaître. La luminosité du faisceau persiste sans modifications appréciables, pendant un certain temps, une heure par exemple; au bout de ce temps, la vapeur commence à remplir peu à peu le ballon, ce que l'on constate par une luminescence générale, moins intense que le faisceau principal, ainsi que par la diffusion de la tache d'arrivée, en I. Le gaz cesse d'avoir une seule dimension.

Si, au lieu d'illuminer tout le faisceau des résonateurs moléculaires, on en éclaire seulement une tranche horizontale étroite (il suffit de limiter à quelques millimètres la hauteur de la fente F), *le faisceau s'illumine seulement dans cette tranche* et la luminosité paraît, à première vue, aussi nettement délimitée sur ses faces supérieures et inférieures que sur ses faces latérales. C'est là un point important, en ce qu'il démontre que les résonateurs moléculaires, évidemment identiques aux centres d'émission de la lumière, ne parcourent qu'un chemin extrêmement court en continuant à vibrer, après leur sortie du faisceau lumineux excitateur. Ce résultat est complètement en accord avec la valeur indiquée par Drude [1] comme probable pour le coefficient d'amortissement des centres d'émission.

Il résulte aussi de cette expérience que la *résonance secondaire* produite dans de la vapeur de sodium très peu dense autour du faisceau excitateur primaire [2] est entièrement due à l'action sur la vapeur de la lumière émise par la résonance primaire, et non à la persistance des vibrations lumineuses de résonateurs sortis, par l'effet de l'agitation thermique, des limites géométriques du faisceau lumineux excitateur.

Le condenseur qui m'a été précieux pour ces expériences a été construit grâce à une partie de la subvention que l'Académie a bien voulu m'accorder en 1912 sur le fonds Bonaparte.

PHYSIQUE. — *Sur les couples à deux flammes.* Note de M. **G. Moreau**, présentée par M. E. Bouty.

On réalise ces couples par le procédé suivant : deux flammes Bunsen F_1 et F_2 brûlent verticalement au contact; l'une d'elles est chargée de vapeur

(1) Drude, *Lehrbuch der Optik*, p. 524 (traduction M. Boll, t. II, p. 341).

(2) L. Dunoyer, *Un cas remarquable de résonance optique* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1067).

saline par pulvérisation d'une solution d'un sel alcalin. Dans chaque flamme se trouve une électrode de platine à 1400° absolus environ, nue ou recouverte d'un dépôt capable d'émettre beaucoup de corpuscules, à l'incandescence. L'ensemble constitue la série

Électrode P_1 — Flamme F_1 — Flamme F_2 — Électrode P_2.

I. *Séries à concentrations.* — Pour obtenir une série à concentrations, on emploie deux électrodes identiques en platine recouvert d'un oxyde alcalino-terreux. La flamme F_1 est chargée de vapeur saline, l'autre est pure. Lorsqu'on réunit les deux électrodes, on observe un courant qui transporte les ions négatifs de la flamme concentrée vers la flamme diluée. Il croît avec la concentration et peut atteindre plusieurs micro-ampères.

La force électromotrice E est mesurée par le contact F_1/F_2 des deux flammes produit par la diffusion des ions négatifs. Les contacts des électrodes avec les flammes se détruisent, car la force vive d'émission des corpuscules qui sortent des dépôts est la même. Il n'en serait pas ainsi avec des électrodes de platine pur, en raison de la pénétration de la vapeur saline dans l'une d'elles ([1]). La formule de Nernst relative au contact de deux solutions inégalement concentrées d'un même électrolyte univalent, fournit la valeur de E. En remarquant que la mobilité de l'ion positif d'une flamme est notablement plus petite que celle de l'ion négatif, elle donne à 2000° absolus

$$E = 0,173 \operatorname{Log} \frac{n_1}{n_2} \text{ volts};$$

n_1 et n_2 sont les concentrations en ions des deux flammes.

Les observations suivantes vérifient cette formule. Dans la flamme F_1, on vaporise une solution de concentration c évaluée en molécules-litre. Les forces électromotrices sont mesurées et calculées en volts; n_1 et n_2 sont déduits de l'étude de la conductibilité de chaque flamme.

Sel.	c.	E (obs.).	E (calc.).
KCl	1	0,27	0,28
»	$\frac{1}{16}$	0,22	0,22
»	$\frac{1}{64}$	0,17	0,18
KOH	1	0,30	0,315
$KAzO^3$	$\frac{1}{16}$	0,30	0,28
RbCl	$\frac{1}{16}$	0,23	0,24
NaCl	1	0,23	0,215

II. *Séries mixtes.* — Dans une série mixte, une électrode est en platine

([1]) Moreau, *Comptes rendus*, t. 157, p. 922.

nu, l'autre est recouverte d'un oxyde alcalino-terreux. L'une des flammes est chargée de vapeur saline, l'autre pure. C'est toujours le platine nu qui est le pôle positif. Lorsque les deux flammes sont pures, on a la série normale, indiquée précédemment ([1]), dont la force électromotrice est E_0.

Deux types de séries mixtes sont possibles :

A. L'électrode nue plonge dans la flamme pure, l'autre dans la flamme salée. On réalise la série Pt nu-flamme pure-flamme salée-Pt recouvert. La force électromotrice E_1 est celle du couple normal, diminuée du contact des deux flammes inégalement concentrées en ions.

B. L'électrode nue se trouve dans la flamme salée, l'autre dans la flamme pure. La force électromotrice E_2 est celle du couple normal augmentée du contact des deux flammes et diminuée de l'abaissement dû à la pénétration de la vapeur saline dans l'électrode.

Exemples. — L'électrode sensible est recouverte d'oxyde de calcium. La force électromotrice du couple normal $E_0 = 0,55$ volt. La concentration *c* de la solution pulvérisée est évaluée en molécules-litre et les forces électromotrices en volts.

Sel.	c.	E_1.	E_2.	$E_0 - E_1$.
KCl	1	0,27	0,69	0,28
KI	1	0,25	0,75	0,30
»	$\frac{1}{4}$	0,28	0,74	0,27
$KAzO^3$	$\frac{1}{16}$	0,30	0,70	0,25

Les différences $E_0 - E_1$ concordent bien avec les valeurs des séries à concentrations.

Le courant débité par les piles mixtes transporte les ions négatifs de la flamme salée sur le dépôt d'oxyde. Dans le type B la diffusion s'ajoute au courant, aussi le débit est-il plus élevé qu'avec le type A où elle se retranche. L'intensité croît à peu près comme la racine carrée de la concentration de la vapeur saline et atteint, dans le type B, plusieurs microampères. Avec le type A, c'est environ le dixième de cette valeur qu'on observe.

OPTIQUE. — *Systèmes de dioptres sphériques centrés; stigmatisme ordinaire et aplanétisme.* Note de **R. Boulouch**, présentée par M. E. Bouty.

Le point A de l'axe ayant son conjugué stigmatique en A, deux droites AP, AQ dont l'angle *du* est dans une section principale, ont pour conju-

([1]) *Loc. cit.*

guées A′P′, A′Q′, d'angle du'; les points P et Q étant supposés quasi-stigmatiques, les droites BP, BQ issues du point B, de cette section, dont les coordonnées infiniment petites sont g et h, auront pour conjuguées des droites passant par P′, Q′ et sur lesquelles B'_1, B'_2 seront les focales sagittales conjuguées de B; sur les bases BP, B'_1P', les focales sagittales sont liées par

$$(1) \qquad nh\sin u : \left(1-\frac{\varepsilon}{\rho}\right) = n'h'\sin u' : \left(1-\frac{\varepsilon'}{\rho'}\right)$$

en posant

$$AP=\rho, \qquad A'P'=\rho', \qquad BP=\rho-\varepsilon, \qquad B'_1P'=\rho'-\varepsilon';$$

l'ordonnée de B'_2 sera $h'+dh'$ et l'on tire de (1)

$$(2) \qquad dh' = h'\left(\frac{du}{\operatorname{tang} u}-\frac{du'}{\operatorname{tang} u'}\right)+h'\left(d\frac{\varepsilon}{\rho}-d\frac{\varepsilon'}{\rho'}\right)$$

en supprimant les termes du quatrième ordre.

I. Le stigmatisme ordinaire exige qu'il y ait sur BP un point quasi-stigmatique pour lequel, les focales étant sensiblement confondues, dh' est d'un ordre supérieur au deuxième; on doit donc avoir

$$(3) \qquad du : \operatorname{tang} u = du' : \operatorname{tang} u'$$

condition des sinus et du stigmatisme ordinaire.

II. Au point B correspond alors un point quasi-stigmatique conjugué $B'(g', h')$ et l'équation de Fermat $n\,d\varepsilon = n'\,d\varepsilon'$, appliquée à ces deux points, conduit, après suppression des termes du deuxième ordre, à

$$(4) \qquad du.g : h = du'.g' : h'$$

évidemment incompatible avec (3) si $u \neq \pm u'$. Cette incompatibilité ne peut être levée que si l'on suppose que les termes conservés sont du même ordre que des termes supprimés; $\frac{g}{h}, \frac{g'}{h'}$ ne peuvent être que des quantités du premier ordre.

A une distance du premier ordre du point stigmatique A, *les points quasi-stigmatiques qui existent nécessairement, sont nécessairement situés à une distance du deuxième ordre du plan de front qui contient* A.

III. On obtiendra une condition nécessaire d'aplanétisme en faisant dh'

d'un ordre supérieur au troisième; d'où, par raison de symétrie,

$$n\rho = n'\rho'. \tag{5}$$

IV. *Aplanétisme parfait.* — Les conditions qui précèdent, introduites dans les équations, conduisent sans approximation à

$$nh \sin u = n'h' \sin u', \tag{6}$$

$$n^2(g^2 + h^2) - 2n^2 g.\rho \cos u = n'^2(g'^2 + h'^2) - 2n'^2 g'.\rho' \cos u', \tag{7}$$

d'où l'on tire aisément que :

S'il y a aplanétisme parfait, les méridiennes des surfaces conjuguées sont nécessairement deux coniques dont les centres de courbure au sommet sont des points conjugués de Gauss; les lieux des points P *et* P' *sont des coniques analogues, liées étroitement aux premières, et de courbures opposées.*

V. *Aplanétisme sphérique.* — Ces diverses coniques deviennent toutes des circonférences de cercles, si la constante de Petzval est égale à la constante du deuxième membre de l'équation élémentaire des systèmes centrés, mise sous la forme

$$\frac{\gamma}{nx} - \frac{1}{\gamma . n'x'} = \frac{1}{K},$$

comme cela a lieu pour le dioptre sphérique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les lois du déplacement de l'équilibre chimique à température ou à pression constante.* Note de M. E. **Ariès**, présentée par M. Vieille.

Les transformations réversibles d'un système soumis à des actions thermo-élastiques obéissent à l'inégalité

$$dp\, dV - dT\, dS < 0 \tag{1}$$

d'où l'on tire, en y faisant successivement nuls dp, dV, dT ou dS, les lois de déplacement de l'équilibre qui suivent, et qui sont, en quelque sorte, intuitives.

Toute transformation élémentaire, exécutée à pression constante ou à volume constant, entraîne une augmentation ou une diminution de la température, suivant que le système absorbe ou dégage de la chaleur. Si

cette transformation est exécutée à température constante ou sans échange de chaleur avec l'extérieur, le volume du système augmente ou diminue, suivant que la pression diminue ou augmente. Tout ceci revient à dire que les deux capacités calorifiques et les deux coefficients de compressibilité sont des quantités essentiellement positives.

Les lois du déplacement de l'équilibre chimique qui sont au nombre de quatre, et non de deux ou de trois comme on le dit assez souvent, se déduisent de deux inégalités analogues à la précédente. Nous nous proposons aujourd'hui de donner une démonstration très simple de l'inégalité qui correspond aux deux lois les plus en usage.

H étant le potentiel total d'un système en équilibre chimique, si, par suite d'une variation élémentaire des tensions p et T, le système passe à un nouvel état infiniment voisin du premier, son potentiel total sera devenu H_1 et pourra s'exprimer comme il suit, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur au second,

$$H_1 = H + dH + \frac{1}{2} d^2 H,$$

soit

$$H_1 = H + V\,dp - S\,dT + \frac{1}{2}(dV\,dp - dS\,dT), \tag{2}$$

le dernier terme satisfaisant à l'inégalité (1).

Les accroissements de volume et d'entropie dV et dS peuvent se partager en deux parties, correspondant à la division de la transformation elle-même en deux parties successives, et dans lesquelles ces accroissements prendront les valeurs ΔV et ΔS d'abord, δV et δS ensuite. Nous poserons donc

$$\left\{ \begin{array}{l} dV = \Delta V + \delta V \\ dS = \Delta S + \delta S \end{array} \right. \tag{3}$$

La première transformation partielle sera réversible et effectuée en supposant que les variations dT et dp ne sont accompagnées d'aucun changement chimique. ΔV et ΔS étant les variations de volume et d'entropie qui en résulteront, et qui seront respectivement les sommes des variations de volume ou d'entropie dans les diverses phases du système, le potentiel total de cet ensemble sera devenu H' et pourra s'exprimer comme il suit :

$$H' = H + V\,dp - S\,dT + \frac{1}{2}(\Delta V\,dp - \Delta S\,dt). \tag{4}$$

La seconde transformation, irréversible cette fois, sera effectuée en suppo-

sant le système transporté dans un milieu ayant ses propres tensions $T + dT$, $p + dp$, auxquelles les diverses phases resteront soumises, tandis que toute liberté sera rendue aux substances actives comprises dans ces phases, de façon qu'elles puissent ramener le système, par les changements chimiques convenables, à l'état stable dont il est infiniment peu écarté et qui n'est autre que le second état d'équilibre que nous avons envisagé.

La transformation spontanée qui se produira fera diminuer le potentiel total du système (¹). Comme ce potentiel est H' à l'état initial et H_1 à l'état final, on doit avoir

$$H_1 - H' < 0,$$

soit, d'après les équations (1), (3) et (4),

$$\delta V\, dp - \delta S\, dT < 0. \tag{5}$$

δV et δS ont des significations bien nettes. Ce sont les variations de volume et d'entropie *dues à l'action chimique*, c'est-à-dire à l'ensemble de tous les changements chimiques indépendants qui se sont produits, pendant le passage du système de son premier à son second état d'équilibre.

La démonstration qui vient d'être donnée de l'inégalité (5) s'applique aussi bien au cas où, dans la première transformation partielle, au lieu de maintenir au repos chimique tous les corps actifs, on aurait provoqué un certain nombre des changements indépendants qui ont réellement accompagné le passage du système de son premier à son second état d'équilibre. δV et δS se rapportent alors aux seuls changements entravés dans cette opération.

Suivant que le passage du premier au second état d'équilibre s'opère à température ou à pression constante, les inégalités (1) et (5) se réduisent à leur premier ou à leur second terme. Suivant le cas, dV et δV ou dS et δS ont même signe; ce sont les deux lois énoncées, l'une par M. H. Le Chatelier, l'autre par Van 't Hoff. En langage ordinaire, on les énoncera comme il suit :

Dans une transformation élémentaire, exécutée à température constante, toutes les réactions chimiques se produisent, sur une augmentation de la pression, dans le sens qui entraîne la plus grande réduction de volume, c'est-à-dire la plus grande condensation de la matière.

Dans une transformation élémentaire exécutée à pression constante, toutes

(¹) Voir la Note de l'auteur aux *Comptes rendus*, séance du 6 juillet 1903, p. 46.

les réactions chimiques se produisent, sur une élévation de la température, dans le sens qui entraîne la plus grande absorption de chaleur; elles sont toutes endothermiques.

On donne souvent de ces deux lois un énoncé moins clair et moins complet. Dans tous les exemples à notre connaissance qui ont été cités, l'attention n'est appelée que sur une seule réaction, abstraction faite des autres réactions indépendantes qui peuvent accompagner celle-ci, et qui ont cependant les mêmes droits à une mention et à un examen. On dit bien que, d'après la loi de M. H. Le Chatelier, la solubilité d'un gaz dans un liquide à une température donnée croît avec la pression que supporte ce gaz, mais on semble moins renseigné sur ce qui doit se passer s'il s'agit d'un système comprenant plusieurs gaz partiellement dissous dans un mélange liquide, lequel émet de son côté des vapeurs dans l'atmosphère gazeuse. La démonstration qui précède prouve que toutes les vapeurs doivent se condenser et que tous les gaz doivent se dissoudre sur une augmentation de la pression à température constante.

MINÉRALOGIE. — *Sur une formation de carbono-phosphate de chaux d'âge paléolithique.* Note de M. **P. Teilhard de Chardin**, présentée par M. A. Lacroix [1].

L'observation que je rapporte ici a été faite, en juin dernier, dans la grotte du Castillo (près Santander), où des fouilles, conduites depuis trois ans par l'Institut de Paléontologie humaine de Paris, ont mis à découvert une épaisseur exceptionnelle (15^{m} environ) de dépôts paléolithiques, répartis en 11 niveaux très riches en cendres et débris osseux (*Rapports de l'Inst. Paléont. hum.*, 1912 et 1913). La grotte est creusée dans un calcaire carbonifère très dur, souvent rempli d'aiguilles de quartz; et, des niveaux archéologiques, les 7 plus anciens (4 aurignaciens et 3 moustériens) sont séparés les uns des autres, et en partie pénétrés, par un dallage de grosses lentilles de calcite (pouvant atteindre 1^{m} d'épaisseur), qui sont plus largement cristallisées que les stalagmites ordinaires, et semblent s'être formées, sous des gouttières, au sein même de la masse spongieuse des détritus.

C'est à partir et au-dessous de l'Aurignacien le plus inférieur, et aux

---

[1] Cette Note est publiée avec l'agrément du Directeur de l'Institut de Paléontologie humaine de Paris.

dépens, soit des dallages de calcite, soit des fragments de calcaire disséminés dans les cendres, qu'il s'est produit une quantité notable de phosphate de chaux. Dans cette partie profonde des dépôts, la calcite se montre corrodée, couverte de croûtes phosphatées, épaisses par endroit de 6^{cm} et plus; les morceaux de calcaire sont généralement réduits à un squelette quartzeux pulvérulent, libre au centre d'un nodule de phosphate; en fait de débris osseux, il ne subsiste plus, par endroits, que l'émail des dents d'herbivores.

La phosphatisation ne s'étend pas à toute la surface des niveaux dans lesquels elle se fait sentir; mais elle paraît localisée dans une région d'humidité persistante, coïncidant avec l'emplacement d'une ancienne dépression (d'environ 25^{m^2}) que signale, en plus de la déclivité, en ce point, des trois niveaux moustériens, la présence de dépôts spécialement argileux. C'est évidemment à la faveur de l'humidité intense régnant dans cette partie de la grotte que la formation du phosphate a pu s'effectuer, depuis l'époque moustérienne jusqu'à nos jours, à partir des débris organiques amassés dans la caverne (suivant le processus mis en lumière par M. Armand Gautier, dans son étude de la grotte de Minerve) (1).

Les produits phosphatés du Castillo appartiennent au même groupe minéralogique que les phosphorites du Quercy, dont M. A. Lacroix a démêlé la nature et la complexité minéralogique (2). Ils se présentent en concrétions jaunâtres et opaques, amorphes (*colophanite*), passant extérieurement à une substance concrétionnée plus ou moins fibreuse, brune et transparente, qui est optiquement positive et répond à la *quercyite* β de M. A. Lacroix. L'analyse chimique, faite par M. Pisani, a donné la composition suivante :

P^2O^5	30,65
CaO	41,10
Fe^2O^3	1,40
Al^2O^3	0,30
CO^2	6,00
H^2O	17,20
Résidu insoluble	1,96
Matière organique	n. d.
	98,61

(1) *Ann. Mines*, t. V, 1894, p. 29.
(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1213 et 1388; *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. IV, 1910, p. 579.

Des observations qui précèdent, deux points méritent surtout de retenir l'attention, à savoir :

1° L'analogie étroite (site et nature minéralogique) entre ces phosphates et ceux du Quercy;

2° La possibilité de dater le début de la formation de ces phosphates.

Étant donnée la masse considérable de concrétions produites au Castillo sous l'influence d'une quantité relativement faible de débris organiques, on voit que, dans la formation des phosphorites du Quercy, l'importance du rôle joué, concurremment avec d'autres facteurs, par la décomposition des restes d'animaux, ne saurait être exagérée.

BOTANIQUE. — *Sur les champignons qui causent en France le piétin des céréales.* Note de M. **A. Prunet**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le piétin est une maladie des céréales qui, par son caractère de gravité et par son extension croissante, préoccupe très vivement les agriculteurs. La maladie a son siège dans les parties inférieures des chaumes. Elle est généralement causée par l'un des trois champignons suivants : *Ophiobolus graminis* Sacc., *Ophiobolus herpotrichus* (Fries) Sacc., *Leptosphœria herpotrichoides* de Not.

Le piétin du Blé, qui est le seul dont il ait été question en France jusqu'à présent, a été considéré par Prillieux et Delacroix comme dû principalement à l'*Ophiobolus graminis*, par Mangin et par Fron, comme causé presque exclusivement par le *Leptosphœria herpotrichoides*.

Dans l'Europe centrale, et plus particulièrement en Allemagne, l'*Ophiobolus herpotrichus* causerait surtout le piétin du Blé et de l'Orge, et le *Leptosphœria herpotrichoides* surtout celui du Seigle.

La présence en France de l'*Ophiobolus herpotrichus* n'est pas mentionnée par les observateurs qui se sont occupés du piétin [1] et le rôle de cette espèce dans le développement de la maladie dans notre pays n'a pas été envisagé.

Il se trouve cependant que l'*Ophiobolus herpotrichus* est presque la seule espèce que j'aie observée pendant la saison 1912-1913 dans la région toulousaine. Ce champignon a, en particulier, causé des dégâts très importants dans le domaine de M. E. Rouart, à Saint-Jory (Haute-Garonne), et dans celui de l'École régionale

(1) Seul Delacroix dit incidemment avoir trouvé en petites quantités des périthèces de cette espèce, qu'il caractérise d'une façon un peu singulière (*Bull. de la Soc. Myc.*, t. XVII, p. 144).

d'Agriculture d'Ondes (Haute-Garonne). Je l'ai trouvé également à peu près seul dans des pailles de Blés malades provenant du Causé (Tarn-et-Garonne) et de Castillonnes (Lot-et-Garonne).

Je ne crois pas qu'il soit déraisonnable de penser que l'*Ophiobolus herpotrichus* doit exister dans d'autres régions à céréales de la France. En effet, à une époque où ses rapports avec le piétin étaient encore ignorés, et où il attirait peu l'attention, il avait été signalé par Marchand (¹) dans le Poitou, par Brunaud (²) dans plusieurs localités de la Charente-Inférieure, par Mougeot (³) *partout* dans les Vosges. Tulasne (⁴) le recueillait chaque année autour de Paris et de Versailles et l'avait également récolté près de Fontainebleau. Ces observations sont restées inaperçues.

L'*Ophiobolus herpotrichus* développe ses périthèces en hiver et non en automne comme les deux autres espèces. J'ai commencé à en trouver l'an dernier au mois de novembre. Mais ce n'est qu'en décembre que les asques ont commencé à se différencier au sein du tissu massif qui remplit les périthèces quand ils sont jeunes. La formation des asques et des spores n'est pas simultanée mais successive. On trouve souvent, à côté de périthèces remplis de spores, des périthèces en voie de formation ou de différenciation ou bien des périthèces vides suivant l'époque à laquelle l'observation est faite. D'autre part, à moins que leur évolution ne touche à sa fin, les périthèces présentent habituellement un mélange d'asques renfermant des spores et d'asques à spores non différenciées, de développement varié. Par là s'explique la longue durée habituelle de la période d'émission des spores dans cette espèce. En 1903, elle s'est étendue de janvier à mars, dans les champs de l'École d'Ondes et a présenté un maximum du milieu de février au milieu de mars. C'est à peu près vers cette époque que Tulasne avait l'habitude de trouver des périthèces mûrs. On conçoit d'ailleurs que l'époque et la durée de l'émission des ascospores puissent varier dans une certaine mesure d'une année à l'autre, sous l'influence des conditions atmosphériques.

Bien qu'elles soient libérées pendant la saison froide, les ascospores de l'*Ophiobolus herpotrichus* peuvent assurer sa propagation par suite de leur aptitude à germer à basse température. Elles germent déjà, en effet, à des

---

(¹) MARCHAND, *Sylloge*, Paris, 1856, p. 251.

(²) BRUNAUD, *Description des Sphériacées des environs de Saintes*, La Rochelle, 1884, p. 213.

(³) MOUGEOT, *Champignons des Vosges*, Épinal, 1845, p. 102.

(⁴) TULASNE, *Selecta Fungorum*, t. II, Paris, 1863, p. 255.

températures comprises entre + 3° et + 5°. L'optimum est voisin de 23°; elles germent alors en 4 ou 8 heures. A 35°-36° la germination n'a plus lieu que d'une façon tout à fait exceptionnelle. Les dimensions des spores (longueur : 145^{μ}-175^{μ}; largeur : 2^{μ}-3^{μ}) correspondent plutôt à celles qu'indique Tulasne qu'à celles que donne Saccardo.

Pendant la période culturale de 1902-1903, l'*Ophiobolus graminis* remplaça l'*Ophiobolus herpotrichus* dans les environs de Queyssac (Dordogne). Dans toutes les stations indiquées ci-dessus le *Leptosphæria herpotrichoides* ne s'est présenté qu'à l'état de rareté. Mangin et plus tard Fron ont au contraire observé ailleurs cette espèce en abondance. Le piétin du blé est donc habituellement causé en France par l'une des trois espèces suivantes : *Ophiobolus graminis* Sacc., *Ophiobolus herpotrichus* (Fries) Sacc., *Leptosphæria herpotrichoides* de Not.

Il serait prématuré d'apprécier l'importance relative du rôle de ces trois parasites. Les faits que je viens de citer ou de rappeler montrent qu'en pareille matière une grande prudence s'impose. Rien ne prouve d'ailleurs que l'espèce qui prédomine à un moment donné dans une région y prédominera toujours.

Il résulte de ce qui précède que le nom de *piétin* est appliqué en réalité à trois maladies différentes et cette confusion dans les mots n'est pas sans présenter de sérieux inconvénients, car elle est une cause de confusion dans les faits. Les trois piétins ont un caractère commun, celui d'avoir leur siège à la base des chaumes, mais leur étude biologique est trop peu avancée pour qu'on soit fixé sur l'étendue des divergences qui les séparent. On sait déjà que leurs organes de propagation ne se forment pas à la même époque et que leurs préférences pour le Blé, le Seigle et l'Orge sont inégales. J'ajouterai que l'Avoine qui, d'après Mc Alpine (1) et Robinson (2), n'est pas atteinte par l'*Ophiobolus graminis* a été assez fortement attaquée par l'*Ophiobolus herpotrichus* au voisinage d'Ondes. Ces différences ne sont sans doute pas les seules. Elles suffisent à montrer que chaque piétin doit être étudié indépendamment des autres. On évitera ainsi de rapprocher des faits à attribution incertaine qui obscurciraient la question au lieu de l'éclairer.

---

(1) Mc Alpine, *Hollrung's Jahresbericht*, 1903, p. 77.
(2) Robinson, *Ibid.*, 1907, p. 105 et 116.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des émanations radioactives sur la végétation.* Note de MM. **J. Stoklasa** et **V. Zdobnicky**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans une Communication récente à l'Académie j'ai déjà eu occasion d'appeler l'attention sur ce sujet (¹); nous parlerons aujourd'hui d'essais plus significatifs encore, effectués dans les conditions suivantes :

1° Cultures dans la solution nutritive de Knopp, faite avec des eaux radioactives artificielles (par l'émanation du chlorure de radium) ou naturelles (Brambach et Franzensbad);

2° Cultures dans des vases à végétation remplis de terre et arrosés avec de l'eau radioactive artificielle;

3° Cultures dans de grands vases de 85^l de capacité (*émanatoires*), soumises à l'influence d'émanations radioactives.

Les mêmes essais étaient dans tous les cas effectués en double, pour contrôle, dans des milieux non radioactifs.

Les expériences ont été faites sur place, à Franzensbad et à Brambach, près des sources : celle de Brambach est la plus active du monde, avec 2200 unités Mach par litre; celle de Franzensbad, plus faible, donne seulement 100 à 150 unités.

Les solutions renfermaient par litre : 1^g de $Ca(NO^3)^2$; $0^g,30$ de PO^4H^2K; $0^g,25$ de KCl et $0^g,25$ de SO^4Mg, plus 70 unités Mach de radioactivité pour 700^{cm^3}. L'action radioactive se trouvant réduite à 52 unités après 2 jours, à 36 unités après 3 jours et à 19 unités après 4 jours, on était obligé de renouveler l'émanation tous les 4 jours; pendant toute la durée des essais, soit 23 jours, chaque plante a reçu de cette manière 350 unités Mach.

Avec les lentilles, les pois et le blé, à 18°-20°, on a obtenu en 23 jours les récoltes sèches suivantes :

	Eau ordinaire.	Eau radioactive.
Lentilles	$3^g,7$	6^g
Pois	9,7	21
Blé	3,1	8

On voit que l'eau radioactive a augmenté les récoltes dans la proportion de 62 à 164 pour 100, par rapport aux témoins.

(¹) *Comptes rendus*, t. 157, p. 879.

Avec le *Polygonum fagopyrum*, cultivé en terre pendant 52 jours, on a obtenu, pour 100 plantes sèches, avec 30 et 60 unités Mach par litre de solution nutritive, l'activité étant renouvelée tous les 5 jours :

Sans radioactivité...	9g,45
Avec 30 unités......	13,54 (excès 43,2 pour 100)
Avec 60 unités......	19,54 (excès 106,8 pour 100)

Avec 600 unités, renouvelées tous les 4 jours, l'action radioactive s'est, au contraire, montrée nuisible.

II. Les expériences ont porté ici sur le pavot, le lupin, la betterave à sucre et la vesce, cultivés en terre et arrosés avec de l'eau radioactive, à raison de 30, 50, 300, 1000 et 2000 unités, renouvelées tous les 4 jours. Avec 5kg à 7kg de terre, l'action est nettement défavorable au-dessus de 300 unités; la chlorophylle est altérée et il se produit de la plasmolyse.

Dans le cas du pavot (35 pieds) et 40 à 60 unités, soit en tout 2500 unités par plante pendant les 108 jours de végétation, on a obtenu les récoltes sèches suivantes :

	Fruits.	Paille.	Total.
Sans radioactivité...........	16g,25	63g,08	79g,33
Avec radioactivité...........	35,33	83,58	118,91
Différences..................	19,08	20,50	39,58

L'accroissement imputable à la radioactivité est de 117,4 pour 100 pour les fruits et de 32,4 pour 100 pour la paille.

Les essais relatifs au lupin ont duré 135 jours; ils comprenaient 10 vases à végétation contenant 48 plantes, ayant reçu en tout 2000 unités par sujet :

	Graines.	Paille.	Total.
Sans radioactivité...........	136g,58	284g,16	420g,74
Avec radioactivité...........	224,91	451,25	676,16
Différences..................	88,33	167,09	255,42

L'arrosage de ces plantes avec de l'eau radioactive est donc favorable; ajoutons que la formation des fleurs et la fécondation sont aussi plus précoces.

III. Dans les vases émanatoires, contenant de l'air activé à 10 ou 30 unités Mach par litre, le *Pisum arvense*, le *Zea Maïs*, le *Polygonum fagopyrum*, le *Sinapis alba* et le *Beta vulgaris* ont donné, toutes choses égales

d'ailleurs, des récoltes supérieures de 30 à 90 pour 100 à celles obtenues sans radioactivité, avec encore une floraison plus rapide et une fécondation plus hâtive.

Il est donc démontré que les émanations radioactives, à faible dose, exercent une influence favorable sur le développement des plantes, la mécanique des échanges gazeux, la floraison, la fécondation et, au total, sur le poids des récoltes. Des doses trop fortes arrêtent au contraire la poussée et paraissent être l'origine de formations toxiques dans la chlorophyllose.

MÉDECINE. — *Une nouvelle réaction d'électrodiagnostic. L'espacement des secousses de fermeture.* Note de M. **E.-J. Hirtz**, présentée par M. d'Arsonval.

Les réactions actuellement classiques en électrodiagnostic sont : 1° au point de vue quantitatif, l'hyperexcitabilité et l'hypoexcitabilité par le courant continu; 2° au point de vue qualitatif, la réaction d'Erb, ou inversion des secousses de fermeture; la réaction de Remak-Doumer, ou déplacement du point moteur vers le tendon du muscle; la réaction de Rich, ou inversion générale des secousses de fermeture et d'ouverture; la réaction de Remak, ou lenteur de la secousse musculaire.

Il est une autre réaction qualitatrice sur laquelle personne n'a encore attiré l'attention et qui cependant présente un vif intérêt, non seulement à cause de sa signification spéciale, mais aussi en raison de sa très grande fréquence. L'auteur l'a, en effet, rencontrée 84 fois sur 112 cas de polynévrite, soit dans une proportion de 75 pour 100. Il a pu constater son existence grâce à l'enregistrement graphique de l'électrodiagnostic, sous forme de tableaux d'ordonnées proportionnelles aux intensités du courant correspondant au seuil de l'excitation musculaire.

Voici en quoi consiste la nouvelle réaction. Dans l'électrodiagnostic normal, les deux secousses de fermeture négative et positive présentent un écart pouvant varier de 1 à 4 milliampères, le plus souvent de 2 à 3. Il y a *espacement des fermetures* lorsque cet écart augmente; il prend alors des valeurs très diverses échelonnées de 5 à 50 milliampères, avec une moyenne de 6 à 9 milliampères.

La secousse de fermeture est alors fréquemment de valeur *faible*, par exemple : $NF = \frac{3}{4}$, $PF = 7$ ou bien $NF = 2$, $PF = 14$; d'autre fois, elle est relativement élevée, mais alors l'écart respectif s'accroît ($NF = 10$, $PF = 20$. — $NF = 40$, $PF = 90$. — $NF = 80$, $PF = 130$).

Comment se répartit cette réaction sur les régions examinées? Il est

extrêmement rare qu'elle affecte la totalité des nerfs et des muscles; le plus souvent elle se manifeste seulement sur quelques-uns d'entre eux, sans ordre ni symétrie; quelquefois même on n'en trouve qu'un seul exemplaire pour tout un électrodiagnostic. Elle se rencontre de préférence sur les membres inférieurs, de beaucoup les plus touchés par les lésions névritiques, mais on peut la constater aussi sur les membres supérieurs et quelquefois sur eux seuls à l'exclusion des membres inférieurs.

La réaction d'espacement des fermetures se trouve associée très fréquemment (75 pour 100) avec la réaction d'Erb (inversion ou égalité des secousses de fermeture), mais peut exister aussi indépendamment de cette dernière. Elle accompagne dans 50 pour 100 des cas l'hyperexcitabilité galvanique simple et dans 50 pour 100 des cas l'hypoexcitabilité galvanique.

L'étude systématique des réflexes, dans les 84 cas où a été rencontré l'espacement des fermetures, a montré les coïncidences suivantes. Il a été constaté : 40 fois l'exagération du réflexe rotulien, uni ou bilatérale, avec une diminution des réflexes achilléens le plus souvent croisée (phénomène connu de l'opposition des réflexes patellaire et achilléen); 28 fois l'exagération des réflexes rotuliens et achilléens; 16 fois la diminution ou l'abolition de ces réflexes très rarement conservés à peu près normaux. *En résumé, dans* 80 *pour* 100 *des cas, l'espacement des fermetures accompagne l'exagération du réflexe rotulien.* Même lorsque ce dernier est aboli, il est fréquent de constater l'hyperesthésie se traduisant pendant l'examen par des plaintes du malade (hyperesthésie d'examen), l'irritabilité et l'émotivité, la tendance aux crampes, aux secousses musculaires, aux véritables contractures. Par contre, il a été trouvé seulement 4 fois sur 112, c'est-à-dire dans 3,5 pour 100 des cas, les réflexes exagérés sans espacement des secousses de fermeture.

On ne peut interpréter les faits précédemment exposés qu'en rattachant la nouvelle réaction à une altération irritative des neurones moteurs des centres médullaires. Elle constitue donc un signe *objectif* et précieux, révélateur d'une lésion localisée à l'axe spinal et se détachant nettement au milieu d'autres signes propres ou plus exactement communs aux neurones dits *conducteurs* du tronc ou de l'extrémité des nerfs.

Cette réaction permet dès lors d'affirmer positivement que dans l'immense majorité des polynévrites, dans 75 pour 100 des cas au moins, les éléments moteurs de la moelle participent aux lésions et réagissent par hyperexcitabilité. Dans les autres cas, ils sont sans doute également touchés

et deviennent moins excitables. De là découle la notion de la diffusion extrême et de la généralisation des altérations dans les polynévrites et partant l'existence indéniable et extrêmement fréquente des névrites viscérales, considération de haute importance au point de vue diagnostique et thérapeutique.

Ces conclusions d'ordre pratique sont fort intéressantes, car l'électrodiagnostic méthodiquement exécuté a montré à l'auteur la fréquence *extraordinaire et insoupçonnée* d'une variété de polynévrite non encore systématiquement décrite qu'il a appelée *polynévrite subaiguë chronique* et qui évolue lentement, insidieusement, progressivement en 5, 10, 20 ans au plus et peut succéder à toutes les infections microbiennes en causant des impotences variées capables de devenir fort graves et pénibles, sans parler de leurs conséquences viscérales encore inconnues.

Il faudra donc désormais en clinique médicale songer très fréquemment à l'électrodiagnostic et l'exécuter systématiquement comme se pratique l'examen des urines, de l'expectoration, du sang, du liquide céphalo-rachidien, etc.

Dans quelles affections la réaction d'espacement des fermetures a-t-elle été rencontrée? Sur 84 cas où elle a été identifiée, il a été noté 52 polynévrites subaiguës chroniques d'origine infectieuse, 17 polynévrites traumatiques (dites généralement névrites ascendantes), 6 lésions traumatiques des centres nerveux (cerveau et moelle), 5 myélites, 3 hémiplégies par hémorrhagie cérébrale, 1 méningite.

Sous l'influence du traitement que préconise l'auteur, *la galvanothérapie intensive à faible densité de courant* qui permet l'usage d'un courant dix fois plus intense que dans les méthodes ordinaires et le répartit sur tout le système nerveux, moins le cerveau, on voit assez rapidement l'espacement des secousses de fermeture diminuer; l'écart se rapproche de la normale, de même que s'amendent les autres symptômes d'hyperexcitabilité, les contractures, la douleur, l'hyperesthésie, l'irritabilité, etc., et en même temps que se manifeste l'amélioration fonctionnelle progressive aboutissant à la guérison pratique.

ZOOLOGIE. — *Sur les caractères héréditaires des chiens* anoures *et* brachyures. Note de M. **Philippe de Vilmorin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le chien domestique tel que nous le connaissons est très polymorphe, les races en sont nombreuses et généralement bien définies. Cependant l'étude des établissements

où se fait l'élevage des chiens démontre que la fixité n'est pas aussi grande qu'elle le paraît. Pour les chiens, plus que pour n'importe quel autre animal, l'examen des livres de généalogie ne donne qu'une idée très vague de la réelle valeur de la race au point de vue de l'hérédité, car seuls les animaux présentant les apparences de la race sont inscrits dans les livres. D'autre part, les concours et expositions n'ont, au point de vue de la fixation des races, qu'une importance négligeable et, à certains points de vue, peuvent être considérés comme nuisibles. L'expérience prouve, en effet, qu'un chien représentant le type idéal de la race à laquelle il appartient peut parfaitement ne donner que des produits inférieurs.

Désirant approfondir cette question, je me suis adressé tout d'abord à un caractère facilement observable, quoique en réalité il soit assez complexe comme nous le verrons tout à l'heure : la présence ou l'absence de queue.

J'ai été encouragé dans cette étude par mon ami le professeur Bateson; les résultats que je publie ne sont pas définitifs, mais me semblent assez intéressants pour être portés à votre connaissance.

On sait que l'absence totale ou la dimension réduite de la queue sont considérées comme caractéristiques de certaines races canines. Je ne parle pas naturellement de ces races, comme celle des fox-terriers, qu'une mode cruelle condamne à subir l'ablation de la queue dans les premiers jours qui suivent la naissance. Il n'y a dans ce cas qu'un traumatisme qui n'est pas héréditaire ainsi que le prouve le cas de ces mêmes fox-terriers chez lesquels je n'ai jamais entendu dire qu'un petit fût sans queue, quoique les deux parents eussent été amputés, ainsi que tous leurs ancêtres pendant de nombreuses générations.

Par de nombreux renseignements recueillis chez des éleveurs ou des amateurs et par mes observations personnelles, j'étais arrivé à cette conclusion que :

1° L'accouplement de deux chiens munis de queue normale, quelles que soient leurs races, ne donnait jamais que des chiens à longue queue;

2° Que l'accouplement de deux chiens anoures ou brachyures donnait toujours une certaine proportion de chiens à longue queue.

A priori il me semblait clair que les chiens à longue queue étaient, au point de vue de ce caractère, et pour employer la terminologie mendélienne ancienne, *homozygotes récessifs;* que l'absence de la queue ou sa réduction était *dominante* et que les anomalies constatées étaient dues à l'ignorance des éleveurs ou au fait que certains animaux amputés étaient utilisés pour des croisements par erreur ou supercherie. En effet, l'ablation de la queue peut être faite d'une façon si habile que les vétérinaires les plus expérimentés se déclarent incapables de s'en rendre compte lorsque le chien a atteint l'âge adulte.

J'ai commencé mes expériences en 1911 et les ai poursuivies pendant trois saisons au cours desquelles j'ai obtenu 23 portées dont les résultats font l'objet de cette Note.

Les races que j'ai étudiées sont les suivantes :

1° Chiens sans queue;

a. Braque bourbonnais;

b. Berger hongrois;

c. Shipperkes.

2° Chiens à courte queue :

a. Braque d'Auvergne;

b. Braque allemand;

c. Épagneul breton.

Dans tous les cas, je me suis procuré des chiens de la meilleure provenance possible, avec garantie qu'ils étaient *nés* sans queue ou à courte queue et je n'ai été trompé que dans un seul cas. A la suite de mes expériences, le résultat bien inattendu est que les chiens sans queue et à courte queue ne sont jamais purs au point de vue de ce caractère. Les proportions que j'ai trouvées, quoique étant encore basées sur des nombres insuffisants, permettent de penser que ce cas se rapproche de celui des froments nains que j'ai étudié pendant quelques années et qui a été exposé dans le *Journal of Genetics* ([2]), et aussi de celui des souris jaunes étudié par M. Cuénot ([3]) et par Miss Durham ([4]).

C'est-à-dire que les chiens à longue queue seraient réellement des récessifs fixés, que les chiens sans queue ou à courte queue seraient des hétérozygotes, et que l'homozygote dominant n'existerait pas.

La plupart des expériences, dont je vous donne les résultats, sont ce que nous appelons des *croisements d'essais*, destinés à vérifier si les parents primitivement employés étaient réellement purs au point de vue de l'absence complète ou de la réduction de la queue. Par conséquent ces croisements ont presque tous été faits entre un chien macroure et une chienne anoure ou brachyure ou réciproquement. Si l'absence ou la réduction de la queue avait été, comme je le supposais, un caractère dominant, ces accouplements auraient dû donner constamment des portées de chiens

([1]) Les résultats que j'ai obtenus avec ce chien amputé sont naturellement omis.

([2]) *Journal of Genetics*, t. III, 1913, p. 67.

([3]) L. Cuénot, *Arch. de Zool. exp. et gén.*, t. I, II, III, IV.

([4]) F.-M. Durham, *Further experiments on the Inheritance of Coat Colour in Mice* (*Journal of Genetics*, t. I, n° 2, 1911, p. 166).

anoures. Or, il n'en est pas ainsi et le résultat de 17 expériences a été la naissance de 100 chiens dont 52 avec queue et 48 sans queue ou à courte queue. Il semble donc bien évident que nous trouvons ici la proportion mendélienne à prévoir lorsque l'on croise un récessif avec un hétérozygote.

Remarquons que dans cette étude préliminaire j'englobe dans une même catégorie les chiens anoures et les chiens brachyures. En réalité, et par rapport au caractère *présence de queue*, les deux autres se comportent de la même façon.

Il restera sans doute à étudier comment se comportent ces deux mêmes derniers caractères lorsqu'ils sont mis en présence l'un de l'autre. Jusqu'à présent je n'ai que deux accouplements entre chiens sans queue et chiens à courte queue qui m'ont donné au total 8 chiens dont 2 macroures, 6 brachyures et aucun anoure.

Enfin le résultat des quatre croisements entre chiens anoures n'ont donné aucun chien brachyure. Le nombre total des produits a été de 13 dont 5 macroures et 8 anoures.

Dans l'hypothèse que nous avons suivie jusqu'ici, la proportion théorique devrait être 5 : 10. Mais le nombre des observations est trop faible encore pour qu'on puisse se prononcer sur ce point.

En dehors des croisements effectués dans mon chenil et qui sont au nombre de 25, je n'ai pris en considération, dans les chiffres donnés ci-dessus, que deux observations qui m'ont été communiquées par des hommes expérimentés et de bonne foi, et de l'exactitude desquels je n'ai aucune raison de douter.

D'ailleurs leur omission ne changerait rien à la proportion que j'ai constatée moi-même.

HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Étude histologique de la destruction des acini dans les glandes salivaires chez les animaux rabiques.* Note de M. Y. **Manouélian**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente, nous avons indiqué la localisation des corpuscules de Negri dans les ganglions nerveux des glandes salivaires chez les animaux rabiques [1]. Nous avons signalé en même temps que les acini

(1) Y. Manouélian, *Comptes rendus*, 10 novembre 1913, p. 866.

subissent des modifications importantes. Dans la présente Note nous allons étudier en détail le mécanisme de cette métamorphose.

Invasion des polynucléaires, leur destruction et phagocytose par des macrophages de tout le continu acinien; voici les différentes phases du processus qui aboutit à la transformation complète des acini en un amas de macrophages.

En effet, dans une première phase, on constate la pénétration des leucocytes polynucléaires dans les cellules des acini. L'existence de ces leucocytes est bien éphémère; ils se désagrègent vite, leur noyau se fragmente et se réduit en quelques granulations. Cette destruction des polynucléaires paraît un fait important, indispensable pour l'accomplissement du cycle complet de la phagocytose. Il semble que pour être phagocytées par les macrophages, les cellules des acini ont besoin d'être fortement touchées et sensibilisées par la ou les substances que la polynucléolyse mettrait en liberté. Car c'est juste en ce moment que ces cellules, qui généralement jusqu'alors présentaient des altérations relativement peu considérables, accusent des lésions graves; à la suite de la destruction de leur noyau, elles se trouvent réduites à des masses parsemées de granulations.

On assiste alors à l'un des plus remarquables exemples de phagocytose.

Certains éléments mononucléaires, des macrophages d'une plasticité très grande, pénètrent dans les acini, s'attaquent aux éléments qui s'y trouvent, restes de cellules aciniennes et débris de polynucléaires, les incorporent et les digèrent. Pendant cette période d'activité, il n'est point rare de rencontrer dans les acini des macrophages en division mitotique.

La voracité de ces éléments est telle qu'ils ne s'attaquent pas seulement aux débris cellulaires, mais même aux polynucléaires peu modifiés quant à leur forme.

Pendant cette phagocytose, l'aspect des macrophages est frappant : chez un grand nombre, le noyau est refoulé tout à fait vers la périphérie, une mince bande de cytoplasme entourant le corps englobé; il en est qui présentent des cloisons cytoplasmiques formant ainsi des cavités où se trouvent ces corps.

Toutes les cellules des acini finissent par subir le même sort, il arrive ainsi un moment où l'on ne trouve dans les acini que des macrophages en train de digérer les éléments englobés. Une fois l'acte de phagocytose terminé, le cytoplasme se condensant autour du noyau, ces macrophages deviennent plus ou moins ovoïdes : c'est leur forme de repos. Il existe des acini où l'on ne trouve que de pareilles cellules groupées ensemble. La

transformation est complète; de l'acini glandulaire il n'existe nulle trace, les macrophages y ayant pris droit de cité. Il y a des régions où, à la suite de la destruction du tissu conjonctif périacineux, un grand nombre d'acini ainsi transformés se confondent ensemble, et l'on se trouve en présence de zones où l'histologiste le plus compétent dans la matière ne pourrait soupçonner qu'il a sous les yeux une coupe de glande salivaire.

PARASITOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur la coccidiose du Lapin domestique.* Note de M. **Adrien Lucet**, présentée par M. A. Chauveau.

En 1879, Leuckart différencie, sous les noms de *Coccidium oviforme* et de *C. perforans*, les deux coccidies qu'on rencontre chez le Lapin domestique, la première dans le foie, l'autre dans l'intestin, soit séparément ou simultanément chez un même individu.

Dès 1883, en raison de cette coexistence encore fréquente et aussi du peu de différence morphologique que présentent les ookystes de résistance de ces deux Protozoaires, Balbiani doute de la légitimité de ces espèces et croit à une coccidiose unique, à siège variable, provoquée par la seule coccidie oviforme.

Reprise par L. Pfeiffer en 1891, puis par R. Pfeiffer, Schuberg, Simond et Léger, cette thèse tend chaque jour à s'implanter davantage quand, M. Railliet (d'Alfort) et moi, nous montrons à l'aide d'expériences précises : que les ookystes du *C. perforans* sont régulièrement plus petits que ceux du *C. oviforme;* qu'ils apparaissent, au microscope et à la lumière transmise, toujours incolores alors que les autres sont ordinairement légèrement teintés; que dans le cours de leur évolution *in vitro*, on constate invariablement chez eux, dès la formation des sporoblastes, la présence d'un amas résiduel granuleux ou *reliquat de segmentation* qui reste indéfiniment distinct et manque chez le *C. oviforme;* et qu'enfin, fait plus important, *l'ingestion de pareils ookystes sporulés par des Lapins sains, reproduit à coup sûr et exclusivement la coccidiose intestinale* (1).

Néanmoins, notre opinion ne prévaut pas et lorsque R. Metzner affirme, en 1903, avoir constaté dans la coccidie oviforme le même reliquat de segmentation et aussi reproduit avec elle, l'entérite coccidienne, on admet définitivement que

C. oviforme Leuck, 1879 + *C. perforans* Leuck, 1879 = *C. cuniculi* Rivolta, 1878.

La variabilité des lésions de la coccidiose du Lapin est alors considérée comme dépendant de l'âge des sujets atteints, de la vitalité du parasite et de certaines particularités, encore imprécises, de son évolution.

Or, ayant eu l'année dernière l'occasion de recueillir dans la vésicule

(1) A. Raillet et A. Lucet, *Bulletin de la Soc. zool. de France*, t. XVI, 1891.

biliaire d'un Lapin mort de coccidiose hépatique, une énorme quantité d'ookystes purs de *C. oviforme*, il m'a paru intéressant de reprendre l'étude de cette question.

De décembre 1912 jusqu'à ces temps derniers, j'ai successivement fait ingérer à dix séries de Lapins de 6 semaines à 2 mois et demi, *spécialement élevés dans ce but et absolument sains*, des ookystes sporulés provenant, pour la première série, du Lapin ci-dessus; pour les autres, de chaque série précédente et invariablement récoltés dans la vésicule biliaire.

Les résultats que j'ai obtenus sont formels.

A aucun moment, je n'ai constaté dans mes ookystes en incubation, soit à la chambre, à l'étuve, à la lumière ou en milieu obscur, de reliquat de segmentation.

Tous mes Lapins, sans exception, ont régulièrement succombé entre 23 et 35 jours, avec des lésions énormes et exclusives du foie dont le volume était toujours accru. Chez l'un d'entre eux, par exemple, dont le poids total était de $2^{kg},050$ et celui de l'estomac et de l'intestin de 555^{g}, le foie pesait 350^{g}.

Ces faits, ainsi que mes recherches antérieures avec M. Railliet, m'autorisent donc à dire :

1° Que les deux espèces créées par Leuckart sont légitimes et qu'il existe bien, chez le Lapin domestique, deux coccidioses distinctes : l'une, celle du foie, causée par le *Psorospermium cuniculi* Rivolta, 1878 = *Coccidium oviforme* Leuckart, 1879 = (priorité) *Eimeria stidæ* Lindemann, 1865; l'autre, intestinale, due au *Cocc. perforans* Leuckart, 1879 = *Eimeria perforans* Leuckart, 1879;

2° Que les ookystes de chacune de ces espèces présentent, comme caractères différentiels morphologiques et évolutifs, ceux de la première, des dimensions moyennes plus grandes et une légère coloration brunâtre; ceux de la seconde, un reliquat de segmentation constant et nettement défini.

PARASITOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la biologie du Puceron noir de la Betterave*. Note de M. L. **Gaumont**, présentée par M. P. Marchal.

Le Puceron noir de la Betterave (*Aphis Evonymi*) cause chaque année, dans les cultures du nord et du centre de la France, des dégâts dont l'importance peut être considérable. Ces insectes apparaissent au début de juin sur les jeunes Betteraves

sucrières et fourragères aussi bien que sur les porte-graines. Ils se multiplient abondamment pendant tout l'été, à la face inférieure des jeunes feuilles qui se recroquevillent et jaunissent et dans les inflorescences qui restent chétives et peu productives. Les mêmes dégâts ont été signalés à l'étranger, notamment par Jablonowsky en Hongrie et par Mordwilko en Russie.

Ce dernier a, en 1909, établi le cycle évolutif de ce Puceron : l'insecte passe l'hiver à l'état d'œufs pondus à l'aisselle des bourgeons du Fusain d'Europe (*Evonymus europaeus* L.) et de la Viorne Obier (*Viburnum Opulus* L.). L'éclosion a lieu dans les premiers jours d'avril, et, à la fin du mois, les jeunes fondatrices, devenues adultes, donnent naissance à une génération parthénogénétique comportant un grand nombre d'ailés. Ceux-ci émigrent sur les Betteraves et sur un grand nombre de plantes sauvages. Pendant tout l'été, les générations se succèdent sur ces plantes, produisant un nombre considérable d'individus, aptères et ailés. A l'automne, la proportion des femelles ailées s'accroît, et ces dernières font retour au Fusain où elles donnent naissance à la génération sexuée. Les mâles sont ailés et les femelles aptères; le nombre des mâles est très inférieur à celui des femelles. Après l'accouplement, les femelles déposent leurs œufs à l'aisselle des bourgeons du Fusain d'Europe et de la Viorne Obier; et le même cycle recommence chaque année.

Le travail de Mordwilko, dont les principales données ont été récemment confirmées par Malaquin, peut avoir une portée agricole très grande. En effet, si le redoutable insecte passe l'hiver seulement à l'état d'œufs et seulement sur le Fusain d'Europe et sur la Viorne Obier, la destruction totale de ces deux arbrisseaux dans les régions de culture betteravière rendrait à notre agriculture un très grand service. Comme ce Puceron a été très abondant dans les cultures de Betteraves des environs de Montargis, je me suis appliqué pendant les années 1912 et 1913 à vérifier les résultats apportés par le savant russe et à rechercher si l'insecte n'avait pas d'autre mode d'hivernage.

Mes observations m'ont amené à penser que si le cycle évolutif établi par Mordwilko est le fait de beaucoup le plus général, et si le Fusain et la Viorne Obier contribuent puissamment à l'extension du Puceron de la Betterave, leur suppression totale ne débarrasserait pas nos cultures de ce redoutable ennemi.

En effet, les Pucerons noirs (*A. Evonymi*) sont souvent très abondants sur les Fusains du Japon; pendant ces deux dernières années, j'en ai observé de très nombreuses colonies sur ces arbustes dans les jardins publics de la ville d'Orléans; ils recouvrent parfois entièrement la face inférieure des jeunes feuilles qui, sous l'action des piqûres, se déforment et s'enroulent. A l'automne apparaissent les sexués; les femelles fécondées pondent leurs œufs à l'aisselle des bourgeons, en même temps que les générations parthé-

nogénétiques se continuent. Pendant l'hiver 1912-1913, hiver qui a été très doux dans notre région, j'ai constaté à Orléans, de novembre à avril, la présence de femelles parthénogénétiques; leurs générations se sont confondues au mois de mai avec celles des fondatrices écloses en avril. J'ai fait en octobre et novembre 1913 les mêmes constatations qu'en 1912.

Pour protéger les cultures de betteraves, il ne suffirait donc pas, comme on l'avait préconisé, de s'attaquer au Fusain d'Europe et à la Viorne Obier, mais il faudrait encore s'en prendre au Fusain du Japon, si répandu dans les parcs et dans les jardins publics.

Enfin tous ces arbustes seraient-ils détruits que nos cultures de Betteraves ne seraient pas encore indemnes des Pucerons. J'ai, en effet, à la fin du mois d'octobre dernier, observé à Saint-Germain-des-Prés (Loiret) une culture de Betteraves demi-sucrières encore envahie par ces insectes; la plupart des feuilles portaient à leur face inférieure des individus parthénogénétiques aptères et ailés, et des individus sexués; il m'a été facile de recueillir un certain nombre d'individus accouplés, et de femelles ovipares pondant à la base des pétioles. Or, au moment de l'arrachage, les betteraves sont peu décolletées ou simplement effeuillées, s'il s'agit de racines fourragères, et conservées soit en cave, soit en silos; des œufs peuvent rester au collet, éclore dans les silos ou dans les caves, et, par les orifices d'aération, se répandre au printemps sur les *Rumex*, *Chenopodium* ou autres plantes sauvages. Si ces Betteraves servent de porte-graines, les fondatrices issues des œufs peuvent aisément fonder une colonie sur le pied mère où elles sont nées. D'autre part, les jeunes betteraves, trop petites pour qu'on puisse en tirer parti, sont souvent abandonnées dans les champs; elles résistent aux hivers doux; si elles portent des œufs, elles peuvent aisément devenir au printemps des foyers d'infection.

En résumé, le Puceron noir de la Betterave (*A. Evonymi*), qui le plus souvent accomplit son cycle évolutif sur deux plantes, l'une ligneuse (Fusain d'Europe), l'autre herbacée (Betterave et plantes sauvages diverses), peut, dans certains cas, évoluer sur une seule de ces plantes, soit sur le végétal ligneux (Fusain d'Europe), soit sur le végétal herbacé (Betterave). Au point de vue pratique, il est raisonnable de penser que la destruction des pontes (soit en arrachant les Fusains et Viornes, soit en les soumettant à une taille sévère) peut considérablement limiter l'extension du Puceron de la Betterave, mais sans cependant amener sa disparition.

MICROBIOLOGIE. — *Sur une soi-disant variation biochimique du ferment lactique bulgare.* Note de M. F. **Duchàček**, présentée par M. E. Roux.

Le bacille ou ferment bulgare, retiré du Yogourt, est par-dessus tout un ferment du lactose et de quelques sucres simples, le glucose, le galactose, le mannose et le fructose, qu'il transforme presque complètement en acide lactique. Dans le lait, il ne touche pour ainsi dire pas aux matières grasses et ne dissout guère plus d'un dixième de la caséine; le reste de cette matière protéique coagule à cause de l'acidité, mais persiste ensuite à l'état solide, quelle que soit la durée de son contact avec le microbe.

Cette diagnose biochimique résulte de recherches concordantes entreprises par plusieurs savants. Elle n'a cependant pas été admise par Effront. D'après ce dernier, le ferment bulgare serait, au contraire, un ferment protéolytique détruisant la caséine et transformant le lait en un liquide jaune clair de plus en plus foncé.

Mais, comme l'a fait observer Gab. Bertrand, le microbe employé par Effront provenait de préparations commerciales; à moins d'admettre une variation biochimique considérable du ferment bulgare due à quelque circonstance encore inaperçue, les résultats obtenus par Effront ne peuvent s'expliquer que par l'ingérence d'une espèce microbienne étrangère.

Pour répondre à cette critique, Effront a examiné comparativement le ferment bulgare, étudié par G. Bertrand et ses collaborateurs, et les microbes contenus dans plusieurs préparations médicinales du commerce. Il a reconnu l'exactitude des caractères assignés au véritable ferment bulgare et il a admis, mais sans en donner de preuves suffisantes, que « la différence entre le travail du ferment Bertrand et les ferments médicinaux n'est pas due à des ferments différents, mais plutôt à une variation biochimique provenant des conditions de culture ».

Il était nécessaire, aussi bien au point de vue de la connaissance des variations biochimiques des espèces microbiennes que des applications thérapeutiques du ferment bulgare, de résoudre la controverse dont je viens de résumer les traits essentiels. C'est pourquoi j'ai repris l'étude comparative de deux espèces incriminées. Le ferment bulgare m'a été fourni par M. Metchnikoff; le ferment protéolytique provenait d'un envoi de M. Effront. Ne pouvant entrer ici dans le détail de mes expériences [1], j'en donnerai seulement les principales conclusions.

Les deux espèces microbiennes sont très différentes l'une de l'autre.

---

[1] Qu'on trouvera, avec la bibliographie, dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

Ainsi l'effet, constaté par Cohendy, que le ferment bulgare ne fournit pas de spores, a été confirmé dans toutes mes expériences, tandis que le ferment d'Effront sporule, avec la plus grande facilité. Le ferment bulgare se développe exclusivement dans l'épaisseur du liquide; l'autre, plus avide d'oxygène, se porte à la surface où il forme un voile.

La culture du ferment bulgare exige des milieux très spéciaux et riches en calcium; elle est impossible dans ceux qui ne contiennent pas l'un des sucres énumérés au commencement de cette Note; la culture du ferment Effront est au contraire très facile; elle réussit dans tous les milieux usuels de laboratoire et même dans la solution de peptone dans l'eau distillée.

Le ferment bulgare ne touche pas au maltose que le ferment Effront décompose activement. Il fournit, dans l'eau de touraillons additionnée de peptone, de carbonate de calcium et de lactose, une quantité d'acide lactique racémique sensiblement égale à celle du sucre décomposé; le ferment d'Effront donne, dans les mêmes conditions, de l'acide droit en proportion égale seulement à la moitié du lactose disparu. Par contre, il produit quatre fois plus d'acides volatifs et dix fois plus d'acide succinique.

Dans le lait pur, l'acidité augmente très vite avec le ferment bulgare, jusqu'à un maximum de 26^{g} à 30^{g} par litre, calculé en acide lactique; elle ne dépasse pas 5^{g} à 6^{g} avec celui d'Effront, et, tandis que dans le premier cas le microbe est bientôt tué, dans le second les transformations continuent longtemps sans que cependant l'acidité devienne jamais supérieure à 5^{g} ou 6^{g} par litre. Ce dernier fait tient à ce qu'une partie de l'acide formé est ensuite détruite et qu'une autre est saturée par l'ammoniaque provenant de la décomposition de la caséine. La transformation du lactose par la bactérie d'Effront est d'ailleurs très lente; même en présence de craie, on a encore trouvé une proportion de sucre intact après deux années, quoique le ferment ait conservé toute son activité biochimique. Le ferment bulgare se comporte autrement : en présence de craie, qui le protège contre l'action nocive de l'acidité, il poursuit rapidement son action jusqu'à ce que tout le lactose ait disparu; ce terme atteint, il s'affaiblit peu à peu, ne donnant, lorsqu'on le transporte dans du lait, que des coagulations de plus en plus tardives, et il meurt dans l'espace de quelques mois.

L'action des deux microbes est tout aussi différente sur la caséine : tandis que le ferment bulgare coagule la matière protéique en bloc et la transforme en une masse d'aspect porcelanique qui ne change pas avec l'âge, la bactérie d'Effront, après avoir coagulé le lait, commence déjà après quelques heures à modifier profondément la caséine; cette modification débute à la surface

et continue vers le fond jusqu'à ce que tout le coagulum soit dissous et le lait transformé en un liquide jaunâtre et transparent.

Jamais je n'ai pu constater la transformation d'une des espèces dans l'autre, pas plus celle du ferment bulgare en ferment protéolytique, indiquée cependant par Effront comme très facile, que celle du ferment protéolytique en ferment bulgare.

Il n'est pas difficile maintenant d'interpréter les résultats obtenus par Effront. Le ferment bulgare végète mal ou pas du tout sur les milieux usuels de séparation; comme dans les préparations commerciales, et particulièrement les préparations sèches, sa vitalité est affaiblie et parfois supprimée, son isolement peut devenir très difficile ou même impossible. A moins que la préparation soit une culture pure, le microbe affaibli succombe vite en présence de microbes étrangers capables de se développer dans tous les milieux; il peut même succomber sous l'action de ceux qui restent dans le lait, si celui-ci n'a pas été suffisamment stérilisé. Or j'ai constaté que la stérilisation faite d'après les indications d'Effront (20 minutes à une atmosphère) est insuffisante pour le lait et pour les milieux artificiels en présence de craie. Après plusieurs jours d'étuve, une partie des milieux ainsi stérilisés était couverte d'un voile et avec le lait la caséine était fortement attaquée.

On ne peut donc reconnaître comme exacte la variation biochimique du ferment bulgare admise par Effront. Les résultats obtenus par ce savant doivent s'expliquer par cette circonstance que les préparations commerciales examinées ne contenaient pas de ferment bulgare ou le contenaient sous une forme déjà affaiblie, de sorte que, dans les milieux nutritifs ensemencés, se sont développés ou des ferments protéolytiques déjà contenus dans les préparations, ou des microbes restés dans les milieux nutritifs insuffisamment stérilisés.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur un nouveau milieu de culture éminemment propre au développement du gonocoque.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Jean Chevrotier**, présentée par M. Roux.

La difficulté de cultiver le gonocoque a incité un grand nombre de microbiologistes à rechercher des milieux favorables au développement de ce microorganisme.

Le sérum humain (Bumm, Wertheim), le sérum d'animaux (Christmas, Kral, Wassermann, Finger, Ghon et Schlagenhaufer, etc.), le liquide d'ascite (Kiefer), le liquide hystique (Menge), le liquide de sérosités pleurale, orchitique et autres (Heimann,

Sée, Steinschneider, etc.) ont été successivement proposés dans ce but, de même le sang total de l'homme ou des animaux, les albumines diverses, le jaune ou le blanc d'œuf, le sérum de lait (Pfeiffer, Bezançon et Griffon, Lipchuetz, Thalmann, Piorkowski, Sabouraut).

D'autres auteurs se sont adressés encore à l'urine (Finger, Dujol, Steinschneider, Oliviero) ou même aux milieux de cultures ordinaires plus ou moins modifiés (Bosc, Lipchuetz, Turro).

Enfin, à ces substances de base ont été associés l'agar-agar, la glycérine, les peptones, les sucres, l'urée, les bouillons les plus divers à tel point que nous n'avons pas rencontré moins de 56 formules différentes recommandées par de nombreux expérimentateurs pour la culture du gonocoque.

L'état de la question a été résumé dans un récent travail de Dujol (1) dont les conclusions, au point de vue qui nous occupe, sont les suivantes :

Les milieux auxquels il convient de donner la préférence sont la gélose sanglante humaine de Bezançon et Griffon, le kystagar de Menge, l'ascite-agar et comme milieu liquide le bouillon au sérum humain.

Indépendamment des difficultés de préparation, toutes ces méthodes de culture présentent un même inconvénient capital : l'ensemencement, qui est difficile, doit être immédiat ; on ne peut guère obtenir une culture d'un pus blennorrhagique gardé plusieurs heures dans un tube ou dans une pipette ; aussi convient-il de chauffer les préparations à 36°-39° au moment de l'ensemencement que certains recommandent même d'effectuer en plaçant le malade et l'opérateur dans la chambre étuve.

Malgré ces précautions, les échecs sont nombreux, les cultures s'atténuent rapidement et meurent en général après quelques passages.

Nous avons préparé des milieux de culture à base de moût de bière et nous avons pu constater que, de la sorte, la culture du gonocoque devient aussi facile que celle de la plupart des autres microorganismes.

Notre milieu est composé de la façon suivante :

On porte à l'autoclave à 115° une solution de 6^g d'albumine dans 1000^{cm^3} de moût de bière ; après filtration chaude et alcalinisation, on stérilise de nouveau à 110° pendant 10 minutes ; enfin, il nous a paru avantageux d'ajouter $1^{cm^3},5$ de sérum de cheval ou d'âne pour 15^{cm^3} de moût ainsi préparé, mais cette addition n'est nullement indispensable (2).

Avec de telles préparations, nous avons pu obtenir des cultures de pus recueilli le matin dans un hôpital éloigné, abandonné pendant 8 heures à la température ordinaire et ensemencé seulement le soir.

---

(1) Dujol, *Thèse* de Lyon, 1913.

(2) Il est important de maintenir les tubes de culture dans une position très inclinée pendant leur séjour à l'étuve.

Nous avons vu végéter de même abondamment des tubes ensemencés avec quelques gouttes d'un écoulement hyalin fourni par un malade ayant eu son infection blennorrhagique plus de 6 mois auparavant et s'étant soumis pendant plusieurs semaines au traitement classique.

Enfin des races diverses de gonocoques différenciés morphologiquement par leurs dimensions ont continué à végéter en cultures successives, tout en conservant leurs caractères primitifs sans modification appréciable même après dix passages sur notre milieu.

Nous nous proposons d'étudier la valeur de ces cultures et leur aptitude à constituer des vaccins.

GÉOLOGIE. — *Sur les tourbières du massif du Mont-Dore* (1).

Note de M. C. **Bruyant**, présentée par M. Edmond Perrier.

La région qui s'étend au sud et au sud-ouest du massif mont-dorien renferme un nombre considérable de tourbières, dont quelques-unes sont exploitées sur place, mais dont la plupart restent encore inutilisées.

Ces tourbières occupent les dépressions des vastes plateaux qui s'élèvent à l'altitude moyenne de 1100m à 1200m, et dont la topographie est nettement glaciaire (tourbières de la Bourerie, de la Renonfeyre, de Redondel, de la Morte, de Jassy, de Martin, etc.), ou bien les cirques d'origine des vallées actuelles (Escouailloux, La Veyssière, les Loubeyres, etc.). On ne les rencontre dans ces vallées que lorsqu'un barrage rocheux, généralement basaltique, a retenu les eaux pendant un temps suffisant pour en empêcher l'assèchement prématuré (La Barthe, La Blatte, Jassy, etc.). A ces *tourbières de dépression*, il faut ajouter les *tourbières des pentes* qu'on peut considérer comme formées d'une multitude de tourbières en miniature, parsemées d'îlots secs et installées dans les moindres creux qu'alimentent les sources ou les cours d'eau provenant de la fonte des neiges; on en observe des exemples caractéristiques sur les flancs du Puy Ferrand et du Puy de la Perdrix, aux sources de la Trentaine et de la Couze-Pavin, à une altitude de 1600m à 1700m.

Les tourbières situées sur les plateaux présentent fort souvent des déversions doubles ou même multiples. En d'autres termes, leurs eaux s'écoulent fréquemment dans les vallées différentes, donnant lieu à une disposition particulière du système hydrographique. Ce fait s'explique par le

(1) Travail de la Station simnologique de Berne.

foisonnement de la tourbière qui s'élève au niveau de cols ou de dépressions que n'atteignait pas la nappe d'eau primitive à laquelle elles se sont substituées, ou, plus souvent, pour des phénomènes de capture.

Ces processus de capture sont assez nombreux dans la région. MM. Glangeaud et Giroud en ont déjà signalé quelques-uns. Nous en avons relevé d'autre part un certain nombre qui présentent cet intérêt particulier de nous en faire saisir sur le vif les causes actuelles. Si, en effet, à la tourbière de Chareyre la capture est déjà ancienne, à celle de la Barthe elle s'effectue sous nos yeux : sans la construction d'une digue rudimentaire, de quelques décimètres de hauteur, le ruisseau de Neufont se serait déjà entièrement déversé dans la Clarnouse ([1]).

Le système hydrographique est ainsi affecté de deux façons différentes qu'on peut caractériser par des exemples tirés de la tourbière de la Morte d'Égliseneuve et de la tourbière de Redondel.

La première se déverse à l'Ouest dans le Gabœuf, à l'Est dans un affluent de la rue d'Égliseneuve : ces deux rivières sont donc réunies par une ligne d'eau continue qui traverse la ligne conventionnelle de partage des eaux.

La tourbière de Redondel s'écoule à l'Ouest dans un affluent de la rue d'Égliseneuve et à l'Est dans le ruisseau d'Espinchal, autre affluent de la précédente, de telle sorte que le tracé hydrographique présente la forme d'une *maille* fermée au lieu d'offrir deux branches d'origine distincte.

Ces particularités sont en relation avec l'*évolution* de la tourbière. Parmi les deux cents et quelques tourbières que nous avons relevées dans la région : Besse-Picherande-Égliseneuve-Boutarerie, soit sur environ 400^{km^2}, il est possible de noter tous les stades de cette évolution, depuis la tourbière en voie de formation jusqu'à la tourbière morte, enfouie sous l'*herbage*.

Nous admettons ainsi les stades suivants :

STADE I. — *Tourbière immergée.* — Ce stade est visible sur la zone littorale de plusieurs de nos lacs, tels que Moussinières, Bourdouze, La Godivelle inférieure, l'Esclauze, les Bordes et quelques nappes d'eau d'étendue restreinte, disséminées sur la coulée basaltique de Montchalm. La tourbière naissante se présente alors sous deux *faciès*. L'un d'eux est représenté simplement par la *zone palustre* classique, qui constitue au lac une ceinture végétale inondée : cariçaie, équisetaie et scirpaie ; l'autre par les *formations flottantes* qui se soudent à la précédente. Les formations flottantes sont constituées par diverses espèces végétales : à Moussinières l'élément essentiel est *Scirpus fluitans* L. ; à Chambedaze, les *Fontinalis*, ailleurs les *Sphagnum*.

STADE II. — *Tourbière mouillée.* — C'est le développement des *Sphagnum* qui marque le début du deuxième stade ; les uns s'étalent dans les espaces d'eau libre, les

([1]) Cf. la Carte d'État-Major au $\frac{1}{50000}$, (Feuille Brioude Nord-Ouest).

autres, croissant verticalement, englobent les végétaux déjà existants. Cette formation recouvre incomplètement la nappe d'eau; elle est à ce point instable qu'il suffit de séjourner un instant au même point pour la voir s'immerger graduellement, mais elle donne accès à toute une série de végétaux à rhizomes qui tendent à la consolider. Une association végétale assez nombreuse caractérise ce stade, comprenant entre autres espèces *Comarum palustre* L., *Cicuta virosa* L., *Ligularia sibirica* Cass., *Vaccinium uliginosum* L., *Oxycoccos palustris* L., *Andromeda polifolia* L., *Salix Capponum* L., *phylicifolia* L., *aurita* L., *repens* L., *Eriophorum*, etc.

Stade III. — *Tourbière motteuse.* — A ce stade, la tourbière offre un aspect caractéristique, bien connu des habitants du pays et qu'elle doit à la fois à sa structure et à l'association végétale qui s'y établit. Elle comprend, typiquement, une région périphérique encore mouillée et une région centrale en partie sèche, disposée en voûte surbaissée. La surface en est inégale, entrecoupée de mottes saillantes où s'installent *Scirpus cœspitosus* L., *Calluna vulgaris* Sal., *Cladoma rangiferina*, et de creux irréguliers, remplis d'une vase brune, plus ou moins consistante, humide ou couverte d'eau suivant la saison et l'abondance des précipitations atmosphériques, et dans lesquels croissent encore des *Sphagnum*.

C'est là le stade de maturité de la tourbière, dont le développement est dès lors arrêté. Sous le revêtement végétal, la tourbe est déjà formée et la plupart des Tourbières exploitées se rapportent à ce stade : La Barthe, Hont-de-Clamouze, Chareyre, Grouffaud, La Renonfeyre, Redondel, La Veyssière, Chambedaze, La Morte, etc.

Stade IV. — *Tourbière plane.* — L'évolution régressive de la tourbière commence à s'accuser par suite de l'assèchement qu'entraîne généralement l'usure du seuil ou la capture des eaux. La surface s'égalise; les creux se comblent, grâce à l'envahissement des graminées (*Molinia*, *Nardus*); le bombement de la région centrale s'atténue et disparaît.

Stade V. — *Prairie tourbeuse.* — Au stade précédent, la tourbière peut être exploitée de deux façons : ou bien par l'extraction du combustible (La Noue Basse, etc.), ou bien pour sa transformation en prairie tourbeuse. Cette dernière s'effectue par drainage des parties superficielles. Mais l'évolution peut se produire de façon normale, lorsqu'un drain naturel s'établit par suite de la rupture du seuil, comme à La Barthe, ou de la disparition des eaux sous le sol basaltique, comme on l'observe dans l'une des tourbières de Montchalm.

Stade VI. — Enfin nous avons considéré comme le dernier terme le stade où l'assèchement étant accompli, le *pacage* ou *herbage* recouvre la formation tourbeuse, de telle sorte qu'un sondage seul ou une érosion accidentelle peuvent permettre de reconnaître la nature du sous-sol. La tourbière de Gomey, celle du Moulin-Servaire, près du lac de La Laudie, en sont des exemples caractéristiques.

Les lacs de la région, à part Pavin, Chauvet, La Godivelle supérieure, sont plus ou moins attaqués par la tourbière. Pour certains, comme Chambedaze, la nappe d'eau actuelle ne représente plus environ que le $\frac{1}{20}$ de l'étendue primitive, et l'on prévoit dans un délai assez court leur dispari-

tion complète. Dans des cas plus rares, comme à La Laudie, dont la rive sur un point est formée par une tourbière achevée, on peut observer le phénomène inverse, c'est-à-dire l'érosion de la tourbière par le lac; le contour et le profil de la rive en fournissent des preuves très nettes.

HYDROLOGIE. — *Sur les expériences de fluorescéine à grandes distances.* Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. L. De Launay.

L'emploi de la fluorescéine, pour déterminer les relations entre les pertes de rivières ou points d'absorption d'eaux contaminées et les sources, est jusqu'à présent demeuré très aléatoire, lorsqu'il s'agit d'opérer sur de grandes distances et avec de fortes différences de niveau.

S'il est vrai que les expériences négatives doivent beaucoup de leurs insuccès à des causes multiples (lenteur de la propagation souterraine, dilution dans de trop grandes réserves d'eaux, réapparition indiscernable dans le fond des rivières, présence de matières vertes colorées dans les eaux superficielles, trop faible durée des observations aux points supposés d'émergence, etc.), il est certain que la principale cause de la non-réapparition de la couleur est, dans la plupart des cas, l'insuffisance de la quantité de substance employée.

Sans entrer dans l'analyse des nombreuses opérations qui m'ont conduit depuis longtemps à cette conclusion, j'énoncerai simplement que, grâce aux fortes doses de fluorescéine, des résultats inattendus ont pu être constatés au bout de 10, 15, 20 jours, et qu'on a conclu beaucoup trop hâtivement, par exemple, que le trou du Toro de la Maladetta ne communiquait pas avec le Goueil de Jouéou des sources de la Garonne : puisque, pour une distance, entre ces deux points, de 3850^{m} et une différence d'altitude d'environ 600^{m}, on n'avait observé que pendant une demi-journée et en employant au point de jet moins de 1^{kg} de fluorescéine; avec ces chiffres, l'expérience était condamnée d'avance.

Récemment, j'en ai effectué une avec le concours de MM. E. Fournier et Dr Maréchal de Besançon, dans des conditions de grandeur qui fixent définitivement les idées sur l'usage de la fluorescéine à longue distance. Je regrette que des considérations d'ordre administratif m'interdisent de désigner nommément la localité et de décrire l'opération avec plus de détails.

Je dois me borner à faire connaître que, dans *une toute petite perte de rivière*,

constituée par une fissure rocheuse de 20^{cm} de longueur sur 10^{cm} de largeur, et *absorbant seulement quatre litres par seconde*, mais avec une forte aspiration, nous avons jeté *cent kilogrammes de fluorescéine* ordinaire du commerce, *sans aucune dissolution préalable;* le jet de la poudre brute, à même le trou absorbant, n'a duré qu'une heure et demie, et toute la substance a été intégralement entraînée par l'eau.

La résurgence avec laquelle la communication était à vérifier se trouvait exactement à 10^{km} de distance, et 270^{m} plus bas, et son débit était de 6700^{l} par seconde (1675 *fois celui du point d'absorption*). (Le terrain était du jurassique supérieur fissuré.)

La coloration a commencé à s'y manifester au bout de 60 heures; elle devint très intense presque tout de suite et subsista telle pendant 48 heures, affectant par conséquent un volume de près de 1200000^{m^3}. La dilution souterraine avait été intégralement assurée, la grande quantité de substance compensant la faiblesse du filet d'apport sursaturé. Dans la basse vallée, la coloration se propagea pendant 3 jours et demi sur plus de 60^{km} du cours de la rivière issue de la résurgence; et elle fut constatée par toute la population riveraine ainsi que par le service des Ponts et Chaussées. La quantité de fluorescéine employée dans ce cas avait donc été plutôt trop forte, et aurait pu se trouver réduite d'un tiers au moins.

De cette expérience capitale on doit tirer les enseignements pratiques suivants :

1° La dissolution préalable au point de perte n'est pas nécessaire, *quand l'eau est courante;*

2° Mais il faut que l'entraînement souterrain de la substance en ce point soit complètement réalisé par la rapidité de l'eau;

3° La disproportion entre le débit de la perte et celui de la résurgence est indifférente et peut être énorme (1 à 1675 dans le cas dont il s'agit);

4° L'emploi du fluorescope, des observations de laboratoire et des formules algébriques d'écoulement des eaux, est absolument inutile si l'on a recours à de fortes doses de fluorescéine et à une durée suffisante d'observation à la résurgence;

5° Quant à la quantité, on doit déclarer que, pratiquement, il convient d'employer, en poids, *un nombre de kilogrammes* de fluorescéine *égal à la distance en kilomètres* entre les points de jet et de sortie *multipliée par le débit* de la résurgence à examiner (dans le cas qui précède : $10^{km} \times 6^{m^3},700 = 67^{kg}$, au lieu des 100^{kg} qui ont été utilisés).

Cette formule empirique, que je pourrais appuyer sur de nombreux autres exemples, est évidemment beaucoup plus commode que tout ce qu'on a proposé jusqu'à présent. Malgré le prix de la fluorescéine (13^{fr} le kilogramme pour la qualité courante), elle n'occasionnera pas plus de dépenses que les examens microscopiques, physiques ou chimiques réitérés qu'on a préco-

nisés; ceux-ci demeurent toujours bien moins sûrs que la simple pratique d'une observation très prolongée à la résurgence, après emploi de grandes quantités de substance au point de perte.

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la sixième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. P. **Duhem**

En deuxième ligne, par ordre alphabétique. . . . . . . MM. E. **Cosserat**, **Grand'Eury**, **Maupas**, E. **Stéphan**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 DÉCEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Action du champ magnétique sur les raies de séries arithmétiques dans une bande du gaz de l'éclairage. Variations avec le numéro des raies et avec l'intensité du champ.* Note de MM. **H. Deslandres** et **V. Burson**.

L'action du champ magnétique sur les spectres de lignes a été l'objet de nombreuses recherches et a révélé des propriétés importantes de l'atome vibrant. Il faut évidemment poursuivre la même étude sur les spectres de bandes et leurs raies extrêmement nombreuses; il faut en particulier reconnaître avec soin l'effet du champ sur les séries naturelles de raies en progression arithmétique, qui, d'après les recherches déjà anciennes de Deslandres, forment chaque bande. Cette étude sera longue et difficile, car la résolution de ces bandes en raies fines exige en général, comme on sait, un appareil de grande puissance; et, si, en plus, les raies subissent l'effet Zeeman et se divisent en deux ou plusieurs composantes, un appareil encore plus puissant devient nécessaire.

C'est ainsi que les premières bandes reconnues sensibles au champ magnétique ont donné des réusltats très limités. La division Zeeman a pu être mesurée seulement à la raie de tête des bandes; les autres raies sont trop serrées pour qu'on puisse démêler l'effet qu'elles subissent.

Or, récemment, à Meudon, nous avons reconnu deux beaux spectres de bandes ultraviolettes dont toutes les raies peuvent être étudiées dans le champ magnétique et avec un spectrographe de dispersion seulement moyenne;

ce sont le troisième groupe positif de l'azote et le spectre d'émission de la vapeur d'eau. Le premier montre une division Zeeman analogue à celle reconnue par Dufour dans le fluorure de calcium; le second offre au premier abord un simple déplacement de ses raies qui sont déviées les unes vers le rouge et les autres vers le violet [1]. On a pu distinguer dans la bande caractéristique de ce spectre cinq séries arithmétiques de doublets qui ont cette propriété d'être tous élargis par le champ. Autrement on a dix séries arithmétiques de raies simples, dont cinq ont toutes leurs raies déplacées vers le rouge, et les cinq autres toutes leurs raies déplacées vers le violet. Cette dépendance des déplacements et de leur sens par rapport aux séries arithmétiques reconnues autrefois par d'autres propriétés, nous a paru un fait très digne d'attention, et nous nous sommes proposé de le rechercher sur d'autres spectres et de vérifier s'il est général.

Or les deux spectres précédents, qui se sont si bien prêtés à l'action du champ magnétique, ont cette particularité d'avoir des séries avec une raison relativement grande. Aussi avons-nous porté d'abord notre investigation sur un spectre qui a la même propriété, sur la bande violette $\lambda 3889$ de la combustion du gaz de l'éclairage. Cette bande a déjà été présentée par Deslandres en 1886, comme offrant une belle série arithmétique de raison élevée; et même, un dessin de la bande presque entière a été inséré dans les *Comptes rendus* à cette époque (t. 103, 1886, p. 375). Ce dessin est reproduit dans la figure 1 ci-contre. On voit que la bande offre une série de raies bien séparées, même à la tête; elle est doublée d'une autre série plus faible, dont la raie origine $\lambda 3871$ est seule représentée sur le dessin et qui détache quelques raies faibles au milieu de la première série. Cette série faible sera désignée par le chiffre romain I, et la série forte par le chiffre II.

En 1886, la bande a été obtenue avec un petit spectrographe formé d'un seul prisme de flint et d'une chambre de $0^m,60$; mais, en 1913, nous l'avons étudié avec le grand spectrohéliographe de l'Observatoire, qui comprend trois grands prismes de flint avec une chambre de 3^m, et qui était disponible à cause du mauvais temps. Le pouvoir de résolution est 15 fois plus grand, et il a été possible de reconnaître des détails beaucoup plus nombreux.

---

(1) Au premier abord, on voit un simple déplacement; mais, d'après les résultats de cette Note, Deslandres pense que ces déplacements sans polarisation se ramènent probablement à des divisions Zeeman ordinaires dont les composantes (deux parallèles et deux perpendiculaires au champ) sont très inégales d'éclat et de plus séparées par un très faible écart, discernable seulement avec un appareil très puissant.

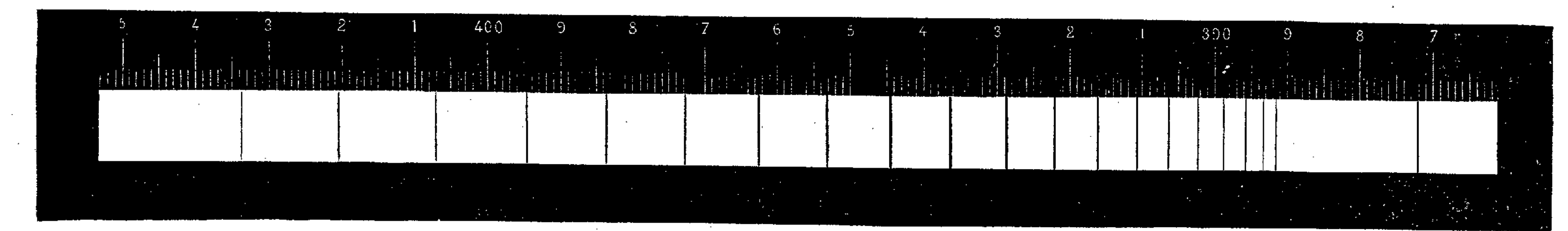


Fig. 1. — Figure qui reproduit un dessin des *Comptes rendus* de 1886, t. 103, p. 377. Le dessin représente en longueurs d'onde la bande violette λ 3898 de la combustion du gaz de l'éclairage, indiquée par le nombre romain II dans la Note actuelle et dans la figure 2. Elle est doublée d'une autre bande plus faible, désignée par I, qui détache quelques raies faibles au milieu de la bande II, mais dont la raie de tête, λ 3871, est seule représentée sur la figure 1.

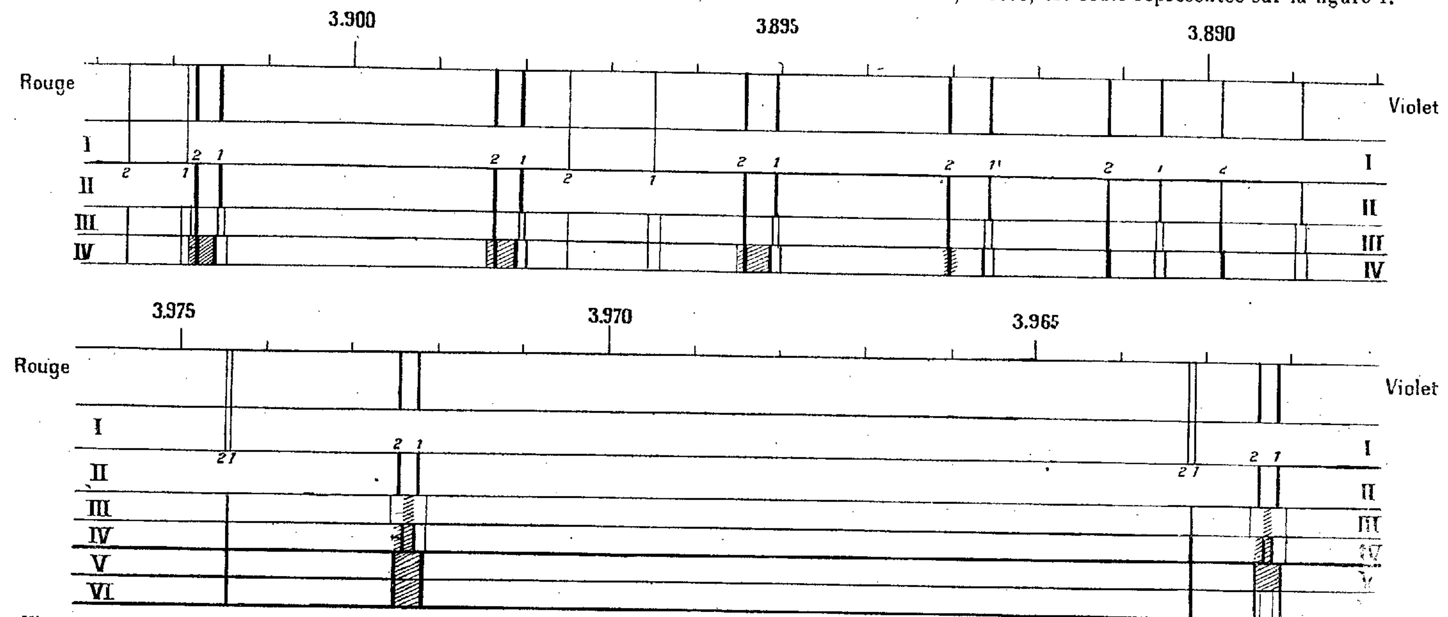


Fig. 2. — Figure qui donne en longueurs d'onde deux portions des deux bandes précédentes à une échelle plus grande qui montre toutes les raies doubles. Les cases horizontales I et II représentent les deux bandes I et II séparées et les séries arithmétiques des raies simples I_1 et I_2, II_1 et II_2. Les cases III et IV donnent les divisions des raies dans un champ magnétique de 9500 gauss, et correspondent, pour la moitié supérieure de la figure, aux vibrations parallèle et perpendiculaire au champ, et pour la moitié inférieure (par suite d'une erreur) aux vibrations perpendiculaire et parallèle. Les cases V et VI donnent les vibrations perpendiculaire et parallèle au champ pour une intensité de 3000 gauss.

Note. — Ce dessin, qui n'a pu être corrigé, offre quelques petites incorrections et omissions, en particulier pour les divisions des raies II_2 avec la vibration perpendiculaire au champ.

En premier lieu, avec cette grande dispersion, toutes les raies deviennent doubles, la largeur des doublets étant décroissante de la tête à la queue de la bande et variant de $0^{A},937$ à $0^{A},156$. On a ainsi non plus deux, mais quatre séries arithmétiques numérotées I_1, I_2, II_1, II_2, qui forment, vers les grandes longueurs d'onde, des doublets de plus en plus serrés. (Voir la figure 2, qui montre dans sa première partie les six premiers doublets de la bande forte $I_1 I_2$ avec deux doublets de la bande faible, et dans sa deuxième partie les 15e et 16e doublets de la bande forte et deux doublets de l'autre.)

La source lumineuse est le cône bleu d'un petit chalumeau, alimenté avec le gaz de l'éclairage et l'oxygène, et placé entre les pièces polaires d'un électro-aimant Weiss petit modèle. Ce cône bleu était long de 6^{mm} à 8^{mm} au plus, et avec un entrefer qui a été constamment de 4^{mm}. Le champ magnétique maximum était environ de 24000 gauss.

Nous décrivons ici les premières observations, surtout qualitatives, faites dans la direction perpendiculaire aux lignes de force et avec des champs successifs de 9500, 17000, 24000 gauss et ensuite de 3000 gauss seulement. Les faits relevés sur les 22 doublets de la bande forte sont extrêmement variés et curieux. Nous avons reconnu à la fois : (*a*) des divisions en composantes polarisées constituant l'effet Zeeman proprement dit; (*b*) des déviations qui semblent, au premier abord, de simples déplacements analogues à ceux décrits récemment par Deslandres et d'Azambuja dans la bande de la vapeur d'eau, mais qui se ramènent au cas précédent; (*c*) des faits dits de simplification des doublets étroits, comparables à ceux déjà signalés par Paschen et Back, par Fortrat et très variés avec les 22 doublets de la bande; (*d*) d'autres faits nouveaux.

Ces particularités se présentent soit simultanément, soit successivement lorsqu'on fait varier l'intensité du champ, et souvent de telle manière que l'on peut suivre le passage progressif de l'une à l'autre. D'où la remarque générale suivante : Les faits précédents qui, au premier abord, peuvent paraître distincts, ont, en réalité, les relations les plus étroites.

Les cases horizontales III et IV de la figure 2 montrent les modifications imposées aux doublets de 1 à 6, 15 et 16 par le champ relativement faible de 9500 gauss. Les raies de la série II_1 sont divisées en composantes polarisées qui forment un quadruplet Zeeman, et les raies de la série conjuguée II_2 présentent une division semblable, mais avec un écartement des composantes beaucoup plus faible qui avait fait penser d'abord à un simple déplacement sans polarisation. Les autres raies non représentées sur le dessin ont en fait les mêmes particularités, malgré la perturbation apportée par la simplification des doublets étroits et l'on peut dire :

Les raies d'une même série arithmétique sont toutes divisées ou déplacées de la même manière, la grandeur des divisions et des déplacements étant seulement variable d'une raie à l'autre. Cette règle se vérifie aussi sur les autres séries I_1 et I_2 du même spectre, sur la bande de la vapeur d'eau rappelée plus haut et sur le troisième groupe de l'azote; elle est probablement générale.

De plus les deux séries de raies simples II_1, II_2 ont des dissymétries de leurs composantes magnétiques, qui sont opposées et fort curieuses. A la tête de la série II_1, la composante perpendiculaire au champ (case IV de la figure 2) du côté rouge est plus intense que l'autre; et, lorsqu'on va vers la queue de la bande, cette inégalité d'éclat augmente et devient très forte, au point que la composante violette disparaît presque complètement. Les composantes parallèles, moins écartées, ont aussi la même particularité (1). D'autre part, les raies de la série II_2 ont du côté violet une composante violette qui est forte et doublée vers le rouge d'une composante plus faible, accolée à elle (2). Avec une pose courte, les composantes fortes apparaissent seules et l'on a un doublet plus étroit dans le champ magnétique. En réalité, ces inégalités croissantes d'éclat des composantes préparent et expliquent le resserrement et la simplification des doublets étroits de la bande. Ce phénomène de simplification, qui a été signalé par Fortrat dans les spectres de bandes, est ici assez net. Pour une largeur suffisamment petite des doublets II_1, II_2, on a sous l'influence magnétique une sorte de triplet élémentaire inversé avec deux composantes parallèles au champ et une composante perpendiculaire très large qui se retrouve aussi dans la vibration parallèle (voir la partie inférieure de la figure 2). Avec un doublet encore plus étroit, les deux composantes parallèles ne sont plus discernables et l'on a seulement la radiation large du centre, dont la polarisation est nulle ou incomplète.

---

(1) Les valeurs de $\frac{d\lambda}{H\lambda^2}$ sont respectivement avec les six premières raies de la série II_1, 1,08, 0,94, 1,005, 1,01, 1,14, 1,16 pour la vibration perpendiculaire et 0,94, 0,75, 0,775, 0,52, 0,605, 0,55 pour la vibration parallèle.

(2) Les composantes perpendiculaires de II_2 sont très voisines, et leur séparation correspond à la limite de résolution de l'instrument. Il conviendrait de la vérifier avec un appareil plus puissant. D'autre part la composante parallèle est centrale et apparaît double avec la première raie de la série. Aussi, probablement, les raies sont divisées en quadruplets qui sont extrêmement étroits.

Les faits précédents ont été reconnus avec le champ de 9500 gauss. Lorsqu'on augmente l'intensité jusqu'à 25000 gauss, ils apparaissent avec une netteté plus grande; en particulier, le resserrement et la simplification des doublets commencent plus près de la tête. Mais l'allure générale du phénomène n'est pas changée.

Par contre, le champ plus faible de 3000 gauss nous a donné un résultat nouveau et inattendu. Les vibrations parallèles et perpendiculaires au champ donnent à peu près le même spectre, qui est celui de la source lumineuse non soumise à l'action magnétique. Cependant, à la tête, les doublets paraissent plus larges, et pour les doublets de la queue l'élargissement est net et incontestable (voir les cases V et VI de la figure 2). Les doublets, qui précédemment étaient resserrés, sont au contraire élargis.

Ce phénomène est peut-être explicable par une dissymétrie d'éclat des composantes opposée à celle qui a produit le resserrement des doublets étroits. Les composantes renforcées seraient, dans ce cas nouveau, celles qui sont extérieures au doublet. Mais l'élargissement du doublet est grand alors que le champ est devenu beaucoup plus faible. A noter que l'intervalle des doublets agrandis est devenu lumineux, et que d'autres doublets faibles, compris entre les têtes des séries I et II, présentent plus nettement encore le même élargissement. Un des caractères de ce spectre est la lumière uniforme et assez intense qui, sous l'influence du champ, remplit le doublet étroit, rétréci ou élargi, avec les vibrations parallèle et perpendiculaire.

De toute façon, l'action du champ magnétique sur les spectres de bandes apparaît sur plusieurs points plus complexe, plus variée que les auteurs précédents ne l'avaient indiqué. Il faut poursuivre activement cette étude magnétique, qui peut conduire à classer les spectres de bandes en familles naturelles et fournir des indications précieuses sur la molécule vibrante.

La théorie des électrons accouplés de Voigt explique bien les variations des doublets étroits dans les spectres de lignes; elle pourra peut-être, étant modifiée, expliquer les faits actuels relatifs aux spectres de bandes. Cependant, dans une Note prochaine, Deslandres montrera avec détails que la division Zeeman en composantes polarisées, mais très rapprochées et d'éclat inégal, explique bien les déplacements annoncés de raies sans polarisation sous l'influence magnétique. Les composantes très rapprochées seraient dues à des particules mobiles, de masse supérieure à celle de l'électron, de charge aussi bien positive que négative, et parfaitement admissibles dans

une molécule (¹). L'inégalité d'éclat des composantes est attribuée surtout à une orientation facile de la molécule dans la direction du champ. La vérification de ces idées exigera, il est vrai, des appareils de très grande puissance.

En présentant un appareil qu'il vient de faire construire (²), M. **Maurice Hamy** s'exprime de la façon suivante :

L'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie fournit les radiations d'arc des solides, en faisant emploi de courant alternatif. On peut également le monter pour utiliser le courant continu. Construit par M. Jobin d'après mes indications, il réalise, avec divers perfectionnements, des idées développées dans une Note insérée, il y a un an, dans les *Comptes rendus* (³).

D'emploi extrêmement commode, fonctionnant avec une régularité parfaite, ce dispositif permet d'obtenir des spectres photographiques impressionnés toujours de la même manière. C'est d'ailleurs en cherchant à atteindre ce résultat que j'ai été amené à le concevoir, poussé par le besoin de disposer d'une source donnant des lignes de comparaison, d'aspect identique, sur tous les clichés destinés à la détermination des vitesses radiales des étoiles.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absence de réfraction sensible dans l'atmosphère du Soleil.* Note de M. **G. Gouy**.

Dans une Note antérieure (⁴), j'ai fait remarquer incidemment qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de la réfraction dans les phénomènes solaires, pour la raison que les gaz et les vapeurs des parties visibles du Soleil sont vraisemblablement dans un état de raréfaction extrême. Plusieurs savants pensent au contraire avec M. W.-H. Julius que la dispersion anomale doit jouer un rôle dans les raies d'émission ou d'absorption que présente le

---

(¹) Dans la bande du gaz de l'éclairage, les composantes polarisées des séries II_1, II_2, relevées sur les premières raies, ont des écarts dans le rapport de 4 à 1. On peut en inférer l'existence de masses qui sont dans le même rapport.

(²) L'appareil a été construit grâce à une subvention qui m'a été accordée sur les arrérages de la fondation Debrousse.

(³) Tome 155, page 631.

(⁴) *Comptes rendus*, 17 mars 1913.

Soleil, notamment pour les déplacements de raies qu'on attribue d'ordinaire à l'effet Döppler [1]. Je crois donc utile de revenir sur ce point, qui se relie du reste à une question de méthode d'une portée plus étendue.

Dans l'examen des problèmes de la Physique solaire, on s'efforce de rattacher aux études du laboratoire les phénomènes solaires, soit en les expliquant par des lois connues, soit en les imitant par des expériences synthétiques. Dans tous les cas, il faut tenir compte des variables qui régissent les propriétés optiques des gaz et vapeurs incandescents : épaisseur de la couche, température, pression, composition chimique, état électrique, etc. Faisant pour un moment abstraction de l'épaisseur, on peut penser que la variété des expériences de laboratoire permet de se rapprocher des conditions réalisées dans les parties *visibles* du Soleil, suffisamment pour que les résultats aient une valeur réelle. Au contraire, la variable *épaisseur* reste bien en dehors de ces rapprochements. Sur le Soleil, un objet de 1000^{km} est pour nous fort petit et à peine visible, tandis que, dans les expériences sur les flammes ou les tubes de Geissler, on mesure les épaisseurs par centimètres. Le rapport des dimensions dans les deux cas est de l'ordre de 10^8. Il faut donc une énorme extrapolation pour interpréter un phénomène solaire au moyen d'une expérience de laboratoire.

Cette extrapolation n'est légitime que si l'on connaît bien les *conditions de similitude* des phénomènes, conditions qui sont ainsi d'une importance capitale pour les problèmes de la Physique solaire.

Pour la question particulière qui nous occupe, considérons deux masses gazeuses incandescentes, géométriquement semblables, l'une solaire S, l'autre terrestre T. Si ces deux masses étaient aussi matériellement semblables, c'est-à-dire si les variables physiques et chimiques avaient les mêmes valeurs aux points homologues, les conditions de similitude seraient fort simples, puisque la réfraction de la lumière ne dépend pas des dimensions, mais des angles et des indices; elle serait donc la même pour les deux masses S et T. Si nous connaissions les valeurs de ces variables dans S et que nous puissions réaliser effectivement les mêmes valeurs dans T, l'examen de la réfraction au laboratoire nous indiquerait bien ce qui se passe sur le Soleil.

Supposons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'un mélange contenant

(1) Dans l'hypothèse que je me propose de discuter ici, les raies solaires seraient dues à l'émission ou à l'absorption, mais la dispersion anomale pourrait intervenir pour les modifier plus ou moins. Sous cette forme atténuée, les idées émises par M. W.-H. Julius paraissent jouir d'un certain crédit auprès des physiciens.

un peu de vapeur de sodium, et que, en comparant T à S pour ce qui concerne les raies D, nous soyons en droit de négliger les différences de température, pression, etc. Il faudra du moins que nous soyons sûrs de réaliser dans T à peu près la même densité de vapeur de sodium que dans S, puisque la dispersion anomale est proportionnelle à cette densité. Mais nous ne connaissons pas directement la densité de la vapeur de sodium dans S; ce n'est que l'examen des raies D qui peut nous renseigner, et surtout l'étude de leur largeur et de leur degré de diffusion. Si nous réalisons avec T des raies pareilles à celles que nous montre S, devons-nous croire que nous avons réalisé la densité de vapeur existant dans S? En aucune façon, car nous négligerions ainsi de tenir compte des dimensions.

L'expérience et la théorie [1] montrent que, dans des flammes contenant une faible proportion de sodium, la qualité et l'éclat des raies spectrales dépendent avant tout de la quantité q de vapeur existant sur le rayon visuel [2]. Si les raies données par S et T sont pareilles, c'est que q a sensiblement la même valeur, et les densités de vapeur en S et T sont dans le rapport inverse des dimensions 10^{-8}. Ainsi, *pour avoir en* T *la même densité de vapeur de sodium qu'en* S, *il faudrait donner à* T *une densité* 10^8 *fois plus faible que celle qui lui fait produire des raies pareilles à celles de* S.

Expérimentalement, la flamme qu'il faudrait ainsi réaliser contiendrait *si peu de sodium que ses raies seraient invisibles* [3]. On peut s'en rendre compte aisément. Soit q_1 la valeur de q qui correspond à la qualité des raies fournies par S; la valeur q_2 réalisée dans T sera donc $10^{-8} q_1$. Appelons i_1 et i_2 les éclats des raies d'émission correspondant à q_1 et q_2; d'après les mesures antérieures [2], on peut former le Tableau suivant, où les q et les i sont exprimés avec nos unités conventionnelles :

q_1.	q_2.	i_1.	i_2.	$\frac{i_2}{i_1}$.
10	10^{-7}	6,66	$1,054.10^{-7}$	$1,58.10^{-8}$
10^2	10^{-6}	21,7	$1,054.10^{-6}$	$4,86.10^{-8}$
10^3	10^{-5}	69,5	$1,054.10^{-5}$	$1,51.10^{-7}$
10^4	10^{-4}	208	$1,054.10^{-4}$	$5,07.10^{-7}$

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XVIII, 1879, et *Comptes rendus*, 24 juin 1912.

[2] q est le produit de la densité par l'épaisseur.

[3] Nous considérons les raies d'émission; ce serait vrai *a fortiori* pour les raies d'absorption.

[4] *Annales*, loc. cit.

Avec q_1, la première ou la seconde ligne du Tableau correspondent, pour la largeur et le degré de diffusion des raies D, à ce qu'on observe d'ordinaire sur le Soleil; les dernières lignes représentent des raies très élargies. L'unité d'éclat correspond à une raie peu intense, et une raie 1 million de fois plus faible ne serait plus visible, sauf peut-être avec des précautions spéciales.

La vapeur de sodium en T serait donc si rare que les raies D seraient invisibles; mais, dans ces conditions, *il n'y a plus de dispersion anomale* appréciable. Dès lors, il n'y en a pas non plus en S, puisque S et T produisent la même réfraction.

L'expérience idéale que nous venons d'envisager ne diffère pas, en principe, de celles que M. W.-H. Julius et d'autres physiciens ont réalisées, par des dispositions ingénieuses, pour mettre en évidence le rôle de la dispersion anomale dans l'atmosphère du Soleil. Seulement, dans ces dernières expériences, la quantité de vapeur de sodium était assez grande pour donner des raies au moins aussi larges et diffuses que les raies solaires, et le plus souvent bien davantage. La quantité de sodium était donc au moins 10^8 fois plus grande que ce qu'il eût fallu pour que le principe de la méthode fût sauvegardé, et, en réduisant cette quantité à sa juste valeur, on arrive à supprimer les raies, et avec elles la dispersion anomale. Ainsi les expériences de ce genre, correctement exécutées, nous montrent qu'il ne doit pas y avoir de réfraction sensible sur le Soleil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de l'essence de citronelle en essence de roses.* Note de MM. **Ph. Barbier** et **R. Locquin**.

Les recherches de MM. Barbier et Bouveault sur le *l*-rhodinol des essences de Pélargonium et de roses françaises d'une part et les travaux de MM. Barbier et Léser sur le *d*-citronellal naturel, travaux indirectement confirmés par ceux de M. Harries et ses élèves d'autre part, ont montré que le rhodinol et le citronellol dévaient être représentés par les formules ci-dessous qui font de ces deux alcools des isomères de position

$$\text{Citronellol: } {}^{CH^2}_{CH^3}\!\!>\!C - CH^2 - CH^2 - CH^2 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{CH} - CH^2 - CH^2OH$$

$$\text{Rhodinol: } {}^{CH^3}_{CH^3}\!\!>\!C = CH - CH^3\,CH^2 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{CH} - CH^2OH.$$

Chacun d'eux, possédant un atome de carbure asymétrique, doit exister sous les trois modifications : lévogyre, dextrogyre et racémique.

Malgré des expériences variées et des publications nombreuses indiquant les caractères différentiels de ces deux alcools isomériques, l'opinion de plusieurs chimistes n'est pas encore faite et, en Allemagne notamment, on continue à considérer le *l*-rhodinol (du Pelargonium ou des roses) comme étant l'inverse optique du *d*-citronellol qu'on obtient par hydrogenation ménagée du *d*-citronellal, aldéhyde abondant dans l'essence de citronelle. Cette confusion regrettable fait qu'à l'encontre de toutes les règles de la nomenclature, on appelle couramment *l*-citronellol un alcool dont la formule ne correspond pas à celle du citronellal.

Les choses sont restées dans cet état depuis une quinzaine d'années car, durant ce laps de temps, nous n'avons pas eu, en faveur de la manière de voir de l'un de nous et de ses collaborateurs antérieurs, d'autres arguments à fournir que ceux qui ont déjà été émis. Mais, ces temps derniers, nous avons découvert un fait nouveau, de nature à trancher la question. Nous avons ainsi été amenés à faire de nouvelles expériences, et en particulier à chercher à transformer le citronellol en rhodinol.

Si les formules de constitution que nous donnons ci-dessus sont exactes, cette transformation paraît possible et même aisément réalisable. Il est facile de se rendre compte, en effet, que *par fixation d'une molécule d'hydracide ou d'eau sur la double liaison du citronellol ou du rhodinol on doit obtenir, au pouvoir rotatoire près, le même produit d'addition*. Par exemple, si nous représentons par X un atome d'élément halogène ou le groupe OH de l'eau, on devra avoir conformément aux règles générales :

$$\left.\begin{matrix}\begin{matrix}CH^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - CH^2 - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2OH\\[1em]\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2OH\end{matrix}\right\} + HX$$

$$\rightarrow \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CX - CH^2 - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2OH$$

Or nous avons constaté qu'à froid et au sein de l'acide acétique cristallisable, HCl ou HBr gazeux se fixent aisément sur l'acétate de rhodinyle lévogyre du Pelargonium et que l'élimination ultérieure de l'hydracide au moyen de l'acétate de sodium en solution acétique reproduit l'acétate de rhodinyle primitif sans aucune altération. Nous avons également constaté

qu'en agitant du *l*-rhodinol avec de l'acide sulfurique étendu à 30 pour 100 on obtient, par fixation d'eau sur la liaison éthylénique, un glycol à l'aide duquel on peut, par déshydratation, revenir au rhodinol initial.

Par conséquent, s'il est bien vrai que le produit qui résulterait de l'addition d'une molécule d'hydracide ou d'eau sur le citronellol doit être, au pouvoir rotatoire près, le même que celui qu'on obtiendrait à partir du rhodinol, on doit s'attendre à ce que, par arrachement de l'hydracide ou de l'eau figurant dans le composé d'addition *obtenu à partir du citronellol*, on regénérera du rhodinol ou l'un de ses dérivés :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!> CX - CH^2 - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2OH \rightarrow$$

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!> C = CH - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^2 - CH^2OH + HX.$$

L'expérience a pleinement vérifié nos prévisions et voici entre autres essais les procédés de transformation qui ont particulièrement retenu notre attention :

1° *Transposition par l'intermédiaire des hydracides.* — On transforme, au moyen de l'anhydride acétique le *d*-citronellol (provenant de l'hydrogénation ménagée du *d*-citronellal naturel) en éther acétique qu'on dissout dans son volume d'acide acétique, puis on sature le tout à froid de H Br sec. On étend ensuite d'eau pour précipiter l'*acétobromhydrine* formée, qu'on sépare et qu'on chauffe pendant 1 heure au bain d'huile à 160° avec un léger excès d'acétate de sodium fondu préalablement dissous dans trois fois son poids d'acide acétique. Ensuite on reprend par l'eau, on saponifie l'huile surnageante et l'on rectifie le produit finalement obtenu. On recueille ainsi : d'abord un alcool constitué surtout par du rhodinol caractérisé, au pouvoir rotatoire près, par toutes les propriétés que possède celui qu'on extrait des essences de Pelargonium ou de roses; puis vient un liquide visqueux bouillant vers 145° sous 10^{mm} et qui n'est pas autre chose que le 3.7-*diméthyloctanediol*-1.7 dont il sera question plus loin.

La transformation du citronellol en rhodinol par ce procédé est toujours incomplète, et nous avons reconnu que l'emploi de H Cl ou de HI au lieu de H Br ne présente aucun avantage.

2° *Transposition par l'intermédiaire du chlorhydrate de citronellate d'éthyle.* — On part du *d*-citronellal qui, par l'intermédiaire de l'oxime et du nitrile correspondants, est transformé en acide citronellique. On traite alors ce dernier par une quantité équimoléculaire de chlorure de thionyle en solution benzénique au bain-marie et l'on obtient ainsi un *chlorure d'acide chloré* qui, versé dans l'alcool absolu, fournit intégralement le *chlorhydrate de citronellate d'éthyle*

$$(CH^3)^2 = CCl - (CH^2)^3 - CH(CH^3) - CH^2 - COOC^2H^5,$$

qu'on peut aussi appeler *chlorhydrate de rhodinate d'éthyle*. Cet éther, qui n'a pas encore été décrit, bout de 137° à 140° sous 15mm. En lui arrachant HCl au moyen d'une solution acétique d'acétate de sodium, comme nous l'avons exposé précédemment, on obtient du rhodinate d'éthyle dont la réduction, au moyen du sodium et de l'alcool absolu (procédé Bouveault et Blanc), conduit à un alcool d'une très agréable odeur de roses et présentant tous les caractères du rhodinol.

Ce procédé permet donc de transformer le citronellal en rhodinol, *et cela sans passer par l'intermédiaire du citronellol.*

3° *Transposition par l'intermédiaire du 3.7-diméthyloctanediol-1.7* :

$$(CH^3)^2 = C(OH) - (CH^2)^3 - CH(CH^3) - CH^2 - CH^2OH.$$

Nous avons déjà (1°) signalé un mode de formation de ce glycol. Il s'en produit aussi quand on réduit au moyen du sodium et de l'alcool absolu (proc. Bouveault et Blanc) l'*oxycitronellate* (ou oxyrhodinate) *d'éthyle*

$$(CH^3)^2 = C(OH) - (CH^2)^3 - CH(CH^3) - CH^2 - COOC^2H^5,$$

éther qui n'a pas encore été décrit, qui bout à 139°-142° sous 13mm et dont il se forme une assez grande quantité quand on éthérifie l'acide citronellique au moyen de l'alcool et de l'acide sulfurique. Mais, pour obtenir abondamment le glycol en question, le meilleur moyen consiste à hydrater le citronellol en l'agitant avec de l'acide sulfurique à 30 pour 100. MM. Tiemann et Schmidt (¹) avaient déjà constaté que cette hydratation s'effectue partiellement avec SO^4H^2 à 10 pour 100, mais comme ces auteurs attribuaient au *d*-citronellol (provenant de l'hydrogénation du citronellal naturel) la constitution que nous assignons au rhodinol, ils ne s'étaient pas rendu compte de la transposition à laquelle ils avaient donné lieu. La déshydratation du diol s'effectue aisément sous l'influence de divers agents; nous avons reconnu que le mode opératoire le plus avantageux consiste à faire bouillir le glycol pendant 2 ou 3 heures avec SO^4H^2 à 5 pour 100 et à rectifier ensuite l'huile surnageante.

Ce troisième mode de transposition offre l'avantage appréciable de permettre d'obtenir du rhodinol pur à partir des citronellols quelconques du commerce et peut aussi être mis à profit pour purifier le *l*-rhodinol lui-même.

Remarque. — On sait que le rhodinol naturel des essences de Pelargonium ou de roses est *lévogyre*. Or le rhodinol qu'on obtient par l'un ou l'autre des procédés de transformation sus-indiqués est dextrogyre et possède même exactement le même pouvoir rotatoire que le citronellol dont on est parti ou qu'on aurait obtenu par l'hydrogénation de l'aldéhyde citronellique initial. Mais, ce qui prouve bien qu'on ne se trouve plus en présence du même corps, c'est d'abord l'odeur très intense de roses fraîches que possède notre rhodinol dextrogyre tandis que le citronellol n'a pour ainsi dire aucune odeur. Il semble que l'odeur de roses soit due à l'existence du groupement $[(CH^3)^2 = C =]$ car il n'y aurait rien d'étrange à admettre que, dans les corps

(¹) Tiemann et Schmidt, *Berichte d. d. ch. G.*, 1896, t. XXIX, p. 907.

parfumés, il existe certains groupements jouant un rôle analogue à celui que jouent les chromogènes dans les matières colorantes.

D'autre part, nous avons vérifié que, de même que le *l*-rhodinol naturel, notre *d*-rhodinol oxydé par CrO^3 donne une aldéhyde très instable dont l'oxime conduit, sous l'influence de l'anhydride acétique, non pas à un nitrile, mais à l'acétylmenthone-oxime. Or cette propriété n'appartient nullement au *d*-citronellal, dont l'oxime, en présence de l'anhydride acétique, conduit exclusivement au nitrile citronellique sans donner *trace* d'acétylmenthone-oxime.

Conclusion. — Il résulte de ce que nous venons d'exposer que, sous l'influence de réactifs variés, on peut aisément passer du type citronellique au type rhodinique, mais que le passage inverse n'est pas possible. Cette considération explique pourquoi, suivant les traitements qu'ils ont subis, les citronellols du commerce présentent souvent une odeur plus ou moins accentuée de rhodinol. Elle explique aussi pourquoi, en partant du *d*-citronellol *ou* du *l*-rhodinol, certains auteurs ont obtenu *les mêmes dérivés* (produits d'oxydation ou semicarbazones des pyruvates correspondants par exemple).

Quoi qu'il en soit, on peut considérer comme actuellement connus à l'état pur les trois rhodinols prévus par la théorie, à savoir : 1° le *l-rhodinol* des essences de roses ou de Pelargonium ; 2° le *d-rhodinol*, qu'on peut obtenir par transposition du *d*-citronellol ou indirectement à partir du *d*-citronellal naturel ; 3° le *i-rhodinol*, préparé par MM. Bouveault et Gourmand par réduction du rhodinate d'éthyle synthétique.

Au point de vue scientifique nos expériences anéantissent donc l'opinion que le *l*-rhodinol n'est que l'antipode optique du *d*-citronellol ; de plus elles apportent une nouvelle preuve de l'exactitude des formules de constitution proposées par l'un de nous et tranchent la question relative à la nature de l'isomérie qui existe entre le citronellol et le rhodinol. Au point de vue pratique, elles montrent qu'on pourra toujours obtenir du rhodinol pur, principe fondamental des essences de roses ou de Pelargonium, alors même que ces essences feraient défaut ; il suffira pour cela de se procurer du citronellol ou même tout simplement de l'essence de citronelle (citronellal).

M. H. Le Chatelier fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Jules Amar, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résident, qui devra occuper la sixième place créée par le Décret du 17 mars 1913.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 57,

M. P. Duhem	obtient.........	45 suffrages
M. Maupas	»	7 »
M. Stéphan	»	4 »
M. de Forcrand	»	1 suffrage

M. **P. Duhem**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres pour la représenter à la *Commission consultative des séries artistiques dans les forêts domaniales*.

M. **A. Righi**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **V. Grignard**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **André Demay**, **Dussert**, **Guillaume de Fontenay**, **Lourties**, **Mocquard**, **Risbec**; Mme **Pauline Ramart-Lucas** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Albin Haller. Biographie, bibliographie analytique de ses écrits*, par Ernest Lebon. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

2° *Création d'un centre mondial de communication*, par H.-C. Andersen et Ernest Hébrard, architecte.

3° *Démonstration du second théorème-limite du Calcul des probabilités par la méthode des moments*, par A. Markoff. (Présenté par M. Émile Picard.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1913. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations dans ce trimestre a été de 78, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — On a noté 3 groupes de taches, avec une surface totale de 25 millionièmes; précédemment (¹), on avait enregistré 3 groupes également avec 23 millionièmes.

Ainsi, la production des taches est restée très faible, et sans changement, sauf dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur : les 3 groupes notés ont tous paru dans l'hémisphère boréal, tandis que, durant le deuxième trimestre, on avait enregistré 2 groupes au Sud et 1 au Nord.

Il y a eu une période de 36 jours consécutifs *sans taches*, du 1er août au 5 septembre.

La proportion des jours sans taches dans ce trimestre a été de 0,85, au lieu de 0,94 dans le précédent.

Le 1er août, pendant l'observation, à $16^h 50^m$ temps moyen légal, nous avons assisté à la transformation d'une petite facule fort brillante, en une très petite tache grise qui a disparu complètement après 2 minutes d'existence.

En résumé, la période de minimum continue; son caractère est différent des précédentes, et, par comparaison avec les courbes de M. A. Wolfer, elle paraît devoir ressembler à celle du minimum de 1810.

Régions d'activité. — Les facules ont augmenté d'un quart en nombre et d'environ la moitié en surface : on a, en effet, 26 groupes avec une aire totale de 6,8 millièmes, au lieu de 21 groupes et 3,8 millièmes.

Les changements survenus dans leur distribution, entre les deux hémisphères, sont

(¹) *Comptes rendus*, t. 157, p. 270.

de 4 groupes en moins au Sud (9 au lieu de 13) et de 9 groupes en plus au Nord (17 au lieu de 8).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet 1913. — 0,75.			
9-14	5	12,3		+29	11
30	1	31,2		+ 2	5
	24 j.		»	+15°,5	
		Août. — 1,00.			
1	1	5,8		+ 3	»
	27 j.		»	»	»
		Septembre. — 0,85.			
6-9	4	4,4		+ 5	9
	27 j.		»	+5°	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1913.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	»	»	»	2	1	»	1	»	»	2	16
Août........	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0	0
Septembre..	»	»	»	»	»	»	1	1	»	»	»	»	1	9
Totaux....	»	»	»	»	»	»	3	2	»	1	»	»	3	25

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1913.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	1	1	»	1	»	3	7	»	1	1	1	4	10	2,4
Août........	»	1	»	1	1	3	4	1	»	1	»	2	7	1,1
Septembre..	1	1	1	»	»	3	6	2	1	»	»	3	9	3,3
Totaux....	2	3	1	2	1	9	17	3	2	2	1	9	26	6,8

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions indéfiniment dérivables de classe donnée et leur rôle dans la théorie des équations partielles.* Note de M. **Maurice Gevrey**, présentée par M. Émile Picard.

1. Nous dirons qu'une fonction $\varphi(x)$, indéfiniment dérivable dans un intervalle (α, β), est *de classe* λ *dans cet intervalle* [1] si, pour toutes les

[1] Nous employons le mot *classe*, qui a déjà été utilisé par M. Goursat dans le cas particulier où $\lambda = 2$ (*Analyse*, t. III, p. 305). Cette expression fait double emploi avec celle introduite par M. Baire dans la classification des fonctions; mais, comme

valeurs de x appartenant à (α, β), les dérivées de φ admettent la limitation

$$\left|\frac{d^n\varphi}{dx^n}\right| < M\frac{\Gamma(\lambda n)}{R^n}, \tag{1}$$

Γ étant la fonction eulérienne ([1]). Toute fonction de classe donnée pourra donc être considérée comme appartenant à une classe supérieure ([2]). Les fonctions de classe 1 sont les fonctions *analytiques;* les fonctions de classe $\lambda < 1$ sont des fonctions *entières* dont l'ordre est au plus égal à $\frac{1}{1-\lambda}$.

La définition peut s'étendre au cas de p variables $x_1, x_2, \ldots, x_p$: si la fonction $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_p)$, indéfiniment dérivable dans un domaine $\mathfrak{D}$, est telle qu'on ait, en tout point de $\mathfrak{D}$,

$$\left|\frac{\partial^{n_1+n_2+\ldots+n_p}\Phi}{\partial x_1^{n_1}\,\partial x_2^{n_2}\ldots\partial x_p^{n_p}}\right| < M\frac{\Gamma(\lambda_1 n_1)\,\Gamma(\lambda_2 n_2)\ldots\Gamma(\lambda_p n_p)}{R_1^{n_1}R_2^{n_2}\ldots R_p^{n_p}},$$

nous dirons que Φ est, *dans le domaine* $\mathfrak{D}$ *et par rapport à l'ensemble des variables* $x_1, x_2, \ldots, x_p$, *de classe* λ_1 *en* x_1, λ_2 *en* x_2, ..., λ_p *en* x_p. Si λ est le plus grand des nombres $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$, nous pourrons dire simplement que Φ est *de classe* λ *en* $(x_1, x_2, \ldots, x_p)$.

Il nous suffit d'envisager les propriétés des fonctions de classe $\geqq 1$; elles se reproduisent par les opérations algébriques élémentaires : multiplication, élévation aux puissances. Plus généralement, on peut former des *fonctions composées :* une fonction $\Psi(u_1, \ldots, u_k)$ de classe λ en $(u_1, \ldots, u_k)$, dans laquelle on remplace $u_1, \ldots, u_k$ par des fonctions de classe λ en $(x_1, \ldots, x_p)$ devient elle-même de classe λ en $(x_1, \ldots, x_p)$ ([3]).

---

cette classification concerne les fonctions *discontinues* (à part celles de classe 0, qui sont toutes les fonctions continues), la confusion paraît impossible, surtout si l'on ajoute les mots *indéfiniment dérivables* (que nous sous-entendons dans la suite de cette Note). Voir aussi HOLMGREN, *Arkiv för mat.*, 1908.

([1]) λ est supposé *positif*, mais la limitation $\left|\frac{d^n\varphi}{dx^n}\right| < M\frac{n^{\lambda n}}{R'^n}$, équivalente à (1), permettrait de supposer λ *négatif :* les fonctions de classe négative seraient alors des fonctions entières d'ordre < 1.

([2]) Ceci est une conséquence de la définition, telle que nous l'avons donnée, et qui est commode pour l'objet que nous avons en vue. Mais on pourrait se proposer une définition plus précise et, par exemple, après avoir pris pour chaque valeur de x la plus grande limite de la suite $\frac{\log|\varphi^{(n)}(x)|}{n\log n}$, envisager la borne supérieure L de l'ensemble des nombres ainsi trouvés (lequel peut d'ailleurs se réduire au seul nombre L) : on a $\lambda \geqq L$.

([3]) Ce résultat, tout à fait classique pour $\lambda = 1$ (fonctions analytiques), se trouve démontré dans ma Thèse pour $\lambda = 2$ [Paris, Gauthier-Villars, 1913, et *Journal de*

2. On connaît le lien étroit qui existe entre la nature d'une équation aux dérivées partielles *du type elliptique ou parabolique* (¹) et la nature des solutions : étant données les équations linéaires, à deux variables x et y,

$$(E) \qquad r + t = ap + bq + cz + f,$$
$$(P) \qquad r - q = ap + cz + f,$$

si les coefficients a, b, c, f sont des fonctions de x et y *analytiques* en x, ou en y, ou bien en (x, y) dans le type elliptique (E), *analytiques* en x, ou *de classe* 2 en y dans le type parabolique (P), il en est de même respectivement pour les solutions *régulières* de ces équations, c'est-à-dire continues ainsi que leurs dérivées du premier ordre et celles des dérivées du second ordre qui figurent dans l'équation.

La considération des fonctions de classe donnée va nous permettre de généraliser ces résultats. Dans les énoncés qui vont suivre, α et β désigneront deux nombres positifs et γ sera le plus petit des deux : nous aurons toujours α et $\beta \geqq 1$ *pour le type elliptique*, $\alpha \geqq 1$ et $\beta \geqq 2$ *pour le type parabolique.*

Cela posé, soit une région $\mathcal{R}$ du plan où les coefficients a, b, c, f des équations (E) ou (P) sont, par rapport l'ensemble (x, y), ou de classe α en x et continus en y, ou de classe β en y et continus en x, ou de classe α en x et β en y : *toute solution de* (E) *ou de* (P), *régulière dans* $\mathcal{R}$, *est de même nature que les coefficients.*

Envisageons maintenant les équations

$$(E_1) \qquad r + t = F(x, y, z, p, q),$$
$$r - q = f(x, y, z, p);$$

Liouville, 1913, p. 305-472; la fin sera publiée en 1914. Dans la Thèse, je signale une modification à une démonstration : page 181, la formule (12) doit être dérivée par rapport à x. Cette modification figurera dans le *Journal de Liouville*].

(¹) Citons les travaux de MM. Picard, Holmgren, Bernstein, etc. Pour le type parabolique linéaire, voir *Journal de Liouville*, 1914, p. 417 sqq. Cf. également *Comptes rendus*, 28 octobre 1912 et 17 février 1913. Je profite de l'occasion pour ajouter quelques mots à la note (¹), page 529 de cette dernière Communication : ligne 4, *après :* $f = 0$, il faut *ajouter :* $c < 0$ (ou $\equiv 0$, ou $= 0$ aux points où $b \neq 0$); ligne 13, *avant :* valeurs extrêmes (il s'agit ici du maximum positif et du minimum négatif), *ajouter :* à un facteur près indépendant de la solution. Les contours dont il est question dans cette note doivent être dans certains cas suffisamment petits : d'ailleurs tout ceci se voit aisément par la méthode de MM. Picard et Paraf (voir le paragraphe 18 de ma Thèse et aussi, à un autre point de vue, PICONE, *Lincei*, octobre 1913).

supposons que, dans un domaine $\mathfrak{D}$ de variation de leurs arguments, F ou f soient, par rapport à l'ensemble (x, y, z, p, q), ou de classe α en x et continues en y, ou de classe β en y et continues en x, ou de classe α en x et β en y, mais dans tous les cas de classe γ en (z, p, q) : *toute solution régulière appartenant au domaine* $\mathfrak{D}$ *sera de même nature que* F *ou* f *par rapport à* x *et* y (toujours avec les mêmes hypothèses sur α et β).

Ces résultats s'étendent aux équations de type plus général :

$$(\mathrm{E}_2) \qquad \mathrm{F}(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0 \qquad (4\mathrm{F}'_r\mathrm{F}'_t - \mathrm{F}'^2_s > 0),$$

$$(\mathrm{P}_2) \qquad r = f(x, y, z, p, q) \qquad (f'_q > 0 \text{ ou } f'_q < 0).$$

Cependant l'étude des solutions au point de vue de leur classe par rapport à *une seule variable* supposera quelques hypothèses très simples sur la nature de F'_r, F'_s, F'_t ou f'_q par rapport à l'autre. Mais, si nous envisageons *l'ensemble des variables* (x, y), nous pouvons énoncer le résultat suivant : *Si, dans un domaine* $\mathfrak{D}$, F *ou* f *sont de classe* α *en* x, β *en* y, γ *en* (z, p, q, r, s, t), *toute solution régulière appartenant à* $\mathfrak{D}$ *sera de même nature.*

Tous ces résultats se démontrent par la méthode des *contours successifs*, basée sur *l'allure des dérivées au bord*, que j'ai déjà utilisée pour l'équation (P) (*loc. cit.*, p. 441) et qui permet également de traiter des *problèmes de prolongement* variés et d'étudier les cas où la classe de la solution peut s'abaisser : ainsi, lorsqu'on a $1 \leqq \beta < 2$, les théorèmes énoncés plus haut, pour les équations (P), (P_1) et (P_2) subsistent à l'intérieur d'un rectangle ayant ses côtés AB, CD parallèles à Oy, pour toute solution régulière z appartenant à $\mathfrak{D}$ et se réduisant sur AB, CD à deux fonctions de classe β : z est même *prolongeable* au delà de AB et CD.

Les propriétés énoncées s'étendent au cas de p variables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet, dans un cylindre indéfini.* Note de M. G. Bouligand, présentée par M. J. Hadamard.

Donnons-nous l'équation aux dérivées partielles

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \mu u$$

et un cylindre à section droite fermée : nous prendrons l'axe Oz parallèle aux génératrices, le plan xOy étant le plan d'une section droite Σ_0 : soit s l'arc de cette section droite comptée à partir d'une origine arbitraire.

Soit alors $\mathrm{H}(s, z)$ une distribution donnée sur le cylindre, nous supposons que H tende uniformément vers zéro, ainsi que ses dérivées premières

lorsque z croît indéfiniment (dans les deux sens) et en outre que l'intégrale de $H(s, z)$ converge absolument et uniformément entre $-\infty$ et $+\infty$.

Le problème de Dirichlet s'énoncera ainsi :

Trouver une solution de (1) *continue ainsi que ses dérivées des deux premiers ordres en tout point intérieur au cylindre, régulière à l'infini (c'est-à-dire tendant vers zéro ainsi que ses dérivées premières), et enfin prenant sur le cylindre les valeurs* $H(s, z)$.

Je me propose de démontrer ici les différences profondes qui existent entre ce problème et le problème de Dirichlet classique, posé pour la même équation (j'entends celui pour lequel les données sont portées par une surface limitée en tous sens); dans ce dernier cas, on sait que si μ n'est pas une des valeurs dites *caractéristiques*, le problème a une solution et une seule : au contraire, si μ est caractéristique, il est impossible ou indéterminé.

Tout d'abord, le problème de Dirichlet, pour un cylindre, n'admettra jamais plus d'une solution, ce qui revient à dire : il n'existe pas de fonctions fondamentales, en appelant ainsi des solutions de (1) s'annulant sur le cylindre et régulières à l'infini.

Pour le montrer, admettons l'existence d'une telle solution, correspondant à la valeur μ_0 de μ. Dans une section droite quelconque Σ_z (de cote z), cette fonction, considérée comme dépendant seulement de deux variables x et y, est développable au moyen des fonctions fondamentales de la section droite en une série absolument et uniformément convergente; considérons le système de ces fonctions [1]

$$\varphi_1(m), \quad \varphi_2(m), \quad \ldots, \quad \varphi_k(m),$$

que nous supposerons ramené à la forme normale. Nous désignerons par $-\alpha_k^2$ la valeur caractéristique qui correspond à $\varphi_k(m)$. La fonction fondamentale du cylindre aurait une expression de la forme $\Sigma c_k(z)\varphi_k(m)$, et le coefficient c_k devrait être une solution de l'équation différentielle

$$(2) \qquad c_k'' - (\mu + \alpha_k^2)c_k = 0;$$

la condition de régularité à l'infini exige qu'on ait $c_k = 0$, et le théorème est démontré.

Il n'y aura donc jamais plus d'une solution : en ce qui concerne l'existence effective d'une telle solution, il importe de distinguer deux cas :

---

(1) m représente un point de la section droite Σ_0, projection orthogonale du point M du cylindre.

1° $\mu+\alpha_1^2>0$: il suffit au plus d'ajouter aux conditions que nous avons déjà imposées à $H(s, z)$ des restrictions qui sont seulement des *conditions de régularité* pour être assuré de l'existence de la solution;

2° $\mu^2+\alpha_1^2 \leq 0$: il *n'existe pas, en général, de solution*. On peut, en effet, démontrer le théorème suivant :

Soit $F(M)$ *une solution de* (1), *régulière à l'infini, et supposons que les inégalités*

$$\mu+\alpha_1^2<0, \quad \mu+\alpha_2^2<0, \quad \ldots, \quad \mu+\alpha_p^2<0 \quad \text{et} \quad \mu+\alpha_{p+1}^2>0$$

soient vérifiées au sens strict. On a les $2p$ *relations*

$$(3)\quad \begin{cases} \displaystyle\iint_S F(M)\frac{d\varphi_i}{dn}\cos\left(\sqrt{-\mu-\alpha_i^2}\, z\right) dS_M = 0, \\ \displaystyle\iint_S F(M)\frac{d\varphi_i}{dn}\sin\left(\sqrt{-\mu-\alpha_i^2}\, z\right) dS_M = 0 \qquad (i=1, 2, \ldots, p), \end{cases}$$

où les intégrales doubles sont étendues à la surface du cylindre.

Si donc l'une des intégrales obtenues en remplaçant dans ces inégalités $F(M)$ par la distribution donnée $H(s, z)$ est différente de zéro, le problème est impossible.

Par contre, si $H(s, z)$ satisfait aux $2p$ conditions (3), il suffit de faire sur cette fonction des hypothèses qui sont seulement certaines conditions de régularité pour assurer l'existence d'une solution.

Lorsque μ est égal à une constante caractéristique de la section droite, le nombre de ces conditions se réduit : en effet, si h est l'ordre de multiplicité de cette constante, nos h dernières conditions sont satisfaites d'elles-mêmes : soit donc p l'indice le plus élevé sous lequel figure la constante considérée; nous aurons $2p-h$ conditions.

Ces considérations nous conduisent à un exemple d'équation intégrale singulière. Considérons la fonction harmonique $H(M)$, régulière à l'infini et prenant sur le cylindre les valeurs $H(s, z)$. On déduit aisément de la formule de Green, que si le problème de Dirichlet, relatif à l'équation (1), admet une solution $F(M)$, pour la distribution $H(s, z)$, cette fonction F vérifiera l'équation

$$(4)\qquad F(M)+\frac{\mu}{4\pi}\iiint F(P)\, G(M, P)\, d\omega_P = H(M),$$

où $G(M, P)$ est la fonction de Green ordinaire du cylindre indéfini : l'intégrale est étendue à tout le cylindre. Nous avons donc ici une circonstance

analogue à celle qui se présente dans l'exemple classique [1] de M. Picard, à savoir : le champ d'intégration est infini. Mais les choses se passent ici d'une manière toute différente : d'abord nous avons vu que l'équation sans second membre n'a pas de solution non nulle, quel que soit μ. Donc l'équation (4) aura une solution au plus : cette solution existe certainement lorsqu'on a $\mu + \alpha_1^2 > 0$, sinon elle n'existe que lorsque la fonction H(M) satisfait aux conditions (3).

Dans le cas de $\mu + \alpha_1^2 > 0$, en appelant $G(M, P; \mu)$ la fonction de Green du cylindre pour l'équation (1), on démontre facilement que la solution de (4) est donnée par

$$(5)\qquad F(M) = H(M) - \frac{\mu}{4\pi}\iiint H(P)\,G(M, P; \mu)\,d\omega_P.$$

Cette fonction $G(M, P; \mu)$ serait, dans le cas d'un domaine limité en tous sens, une fonction méromorphe de μ. Pour le cylindre, ce résultat cesse d'être vrai; on peut le vérifier comme il suit : considérons P comme fixe, $G(M, P; \mu)$ devient une fonction de M. Dans toute section droite distincte de celle de P, cette fonction est développable au moyen des fonctions fondamentales de la section droite, en une série absolument et uniformément convergente. En appelant D la valeur absolue de la distance des sections droites des points M et P, on trouve aisément

$$G(M, P; \mu) = 2\pi \sum_{n=1}^{1\infty} \left[\frac{1}{\sqrt{\alpha_n^2 + \mu}} e^{-D\sqrt{\alpha_n^2+\mu}}\, \varphi_n(m)\,\varphi_n(p) \right];$$

il ressort évidemment de cette formule que $G(M, P; \mu)$ n'est pas méromorphe en μ.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesures comparatives du frottement de l'air sur des surfaces de natures différentes.* Note de MM. **Maurain** et **de Moismont**, présentée par M. Appell.

Le frottement de l'air sur des surfaces animées par rapport à lui de vitesses supérieures à quelques mètres par seconde n'a été étudié jusqu'à présent que par la méthode de Zahm. Elle consiste à suspendre dans un courant d'air uniforme une plaque parallèle au courant et à mesurer

[1] *Comptes rendus*, 13 octobre 1910.

l'action du courant d'air sur cette plaque. Mais cette action comprend, en même temps que le frottement de l'air sur les deux faces de la plaque, les forces résultant du choc et des remous de l'air aux deux extrémités, c'est-à-dire la résistance de l'air telle qu'on l'envisage d'ordinaire. Il est difficile de tenir compte avec rigueur de ces dernières forces parce qu'elles varient avec l'allongement de la plaque : aussi Zahm a-t-il obtenu pour le frottement par unité de surface des valeurs qui varient avec l'allongement des plaques étudiées. D'ailleurs il est difficile de comparer les valeurs du frottement obtenues en revêtant la plaque de différentes substances, par exemple des étoffes employées dans la construction des aéroplanes ou des ballons, parce qu'on fait ainsi varier l'épaisseur de la plaque et par suite la résistance de l'air sur elle.

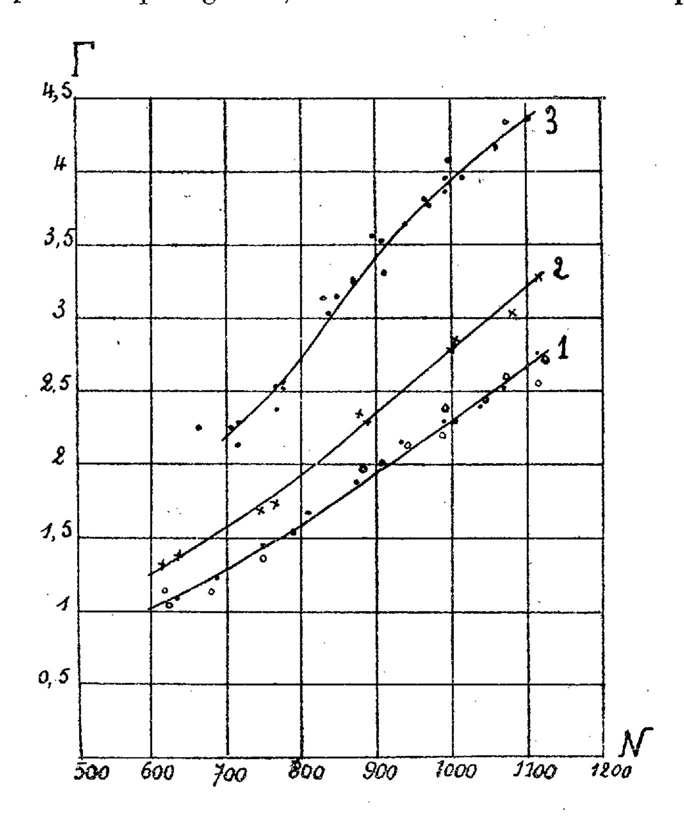
Nous avons utilisé un dispositif qui nous sert d'ordinaire à l'étude des hélices d'aviation, pour comparer le frottement de l'air sur différentes surfaces par une méthode dans laquelle n'intervient pas la résistance de l'air habituelle.

Ce dispositif comporte, entre autres, la mesure du couple transmis à l'arbre des hélices, par une méthode qui a été décrite par M. A. Toussaint et l'un de nous dans une autre publication. Nous avons augmenté la sensibilité de cette méthode de manière à permettre la mesure d'un couple dû au frottement de l'air : à l'extrémité de l'arbre on fixe (à la place d'une hélice) un disque d'acier trempé de 160^{cm} de diamètre, bien poli et plani, dont l'épaisseur est de $4^{mm},5$ au centre et 2^{mm} à la périphérie. On mesure le couple transmis à l'arbre pour diverses vitesses de rotation du disque. Le disque tourne rigoureusement dans son plan et est parfaitement centré, de sorte que le couple mesuré provient seulement du frottement de l'air sur le disque et du frottement aux paliers. Le couple dû aux frottements aux paliers est très faible par rapport aux couples mesurés; on l'a mesuré en remplaçant le disque d'acier par un cylindre de plomb de même masse que le disque et de petit diamètre (22^{cm}); ce couple est indépendant de la vitesse de rotation et égal à 0,075 kilogramme-mètre; on le retranche des couples mesurés.

Les résultats d'une première série d'expériences sont représentés par les courbes ci-contre, donnant en kilogramme-mètre la valeur Γ du couple en fonction du nombre de tours N par minute; la courbe 1 représente à la fois les couples obtenus avec le disque nu (acier poli, points ●) et ceux obtenus après avoir collé sur le disque une étoffe qui sert pour les voilures d'aéroplanes, recouverte elle-même de plusieurs couches d'un enduit à base d'acétate de cellulose, c'est-à-dire amenée à l'état où sont d'ordinaire les voilures d'aéroplanes (points ⊙); la courbe 2 correspond au cas où l'étoffe précédente était recouverte d'une seule couche mince du

même enduit; la courbe 3 représente les couples obtenus en recouvrant le disque d'une étoffe jaune employée couramment dans la construction des dirigeables.

On voit que, alors que le frottement sur l'étoffe à aéroplanes bien enduite est le même que sur l'acier poli, le frottement sur l'étoffe à ballons est environ 70 pour 100 plus grand; d'ailleurs la variation du couple de frotte-



ment avec la vitesse de rotation n'a pas dans ce dernier cas la même allure régulière que dans le premier. La résistance à l'avancement due aux frottements sur l'enveloppe des dirigeables étant une partie assez importante de la résistance totale, il y aurait intérêt à employer une étoffe à frottement superficiel plus faible.

La méthode que nous venons d'indiquer convient bien à des mesures comparatives, mais elle ne paraît guère se prêter à une mesure en valeur absolue du coefficient de frottement; l'air voisin du disque est en effet entraîné et soumis de ce fait à une certaine force centrifuge, d'où un mouvement relatif complexe. Nous nous proposons, en continuant ces mesures

dans l'intervalle de nos études sur les hélices, d'étudier les mouvements de l'air au voisinage du disque, et de chercher à préciser ainsi les phénomènes, actuellement mal connus à ces vitesses, désignés sous le nom de *frottement*.

AÉRONAUTIQUE. — *Observations sur le vol des goélands à l'arrière des navires.* Note (¹) de M. **P. Idrac**, présentée par M. Maurice Hamy.

Dans une Note précédente (²), j'ai exposé des recherches faites sur le vol plané des oiseaux près des falaises de Dieppe et montré expérimentalement qu'ils utilisaient des courants ascendants, dont j'ai mesuré la vitesse, pour se soutenir dans l'atmosphère.

J'ai poursuivi cet été, en pleine mer, une étude analogue sur les goélands qui suivaient, en planant, le paquebot à bord duquel je me trouvais (³).

Mes expériences sur ces oiseaux (⁴) m'ont permis de constater, d'une façon constante, l'existence de deux remous ascendants à l'arrière du navire : l'un à une distance de 200^m ou 300^m; l'autre, utilisé par les goélands, à une vingtaine de mètres seulement de l'arrière. La vitesse des filets gazeux, au centre de cette seconde colonne d'air ascendante, variait entre 3^m et 6^m par seconde et était ordinairement de 4^m.

Cette vitesse est plus que suffisante, pour permettre la sustentation des goélands. Le calcul montre, en effet, qu'un vent ascendant de $1^m,20$, au maximum, suffit pour soutenir ces oiseaux, en leur supposant la même qualité sustentatrice qu'aux meilleurs aéroplanes. On les voyait, d'ailleurs, rétrécir leurs ailes au centre du remous et les tenir largement déployées au bord de la colonne ascendante.

En résumé, des expériences auxquelles je me suis livré jusqu'ici, il résulte que les oiseaux volant à voile dans le voisinage des falaises ou à l'arrière des navires, sont soutenus dans l'atmosphère par des courants

(¹) Présentée dans la séance du 10 novembre 1913.

(²) *Comptes rendus*, 20 octobre 1913.

(³) Recherches facilitées grâce à une subvention de la fondation Commercy.

(⁴) Le procédé expérimental employé était analogue à celui déjà décrit dans la Note précitée : il consistait à photographier de petits ballons équilibrés et de dimension connue, abandonnés à l'arrière du navire. On notait au moyen d'un chronomètre le temps écoulé entre le moment où le ballon franchissait la ligne d'horizon et celui où l'on prenait la photographie. L'étude du cliché permettait alors de calculer la vitesse du courant d'air.

ascendants. Il me reste, pour compléter ces recherches, à étudier le cas des grands voiliers qui évoluent périodiquement au-dessus des plaines d'Égypte et qui ont été l'objet des célèbres observations de Mouillard. C'est ce que je me propose de faire lorsque les circonstances seront favorables.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la résistance hydrodynamique d'un obstacle dans un mouvement avec des surfaces de glissement.* Note de M. **Victor Valcovici**, présentée par M. P. Appell.

Le beau Mémoire de M. Levi-Civita : *Sulle leggi di resistenza* (*Rendiconti del Circ. mat. di Palermo*, 1907) a soulevé tout un courant de travaux concernant les mouvements discontinus, parmi lesquels il convient de citer en première ligne ceux de M. U. Cisotti [spécialement celui intitulé : *Sul moto di un solido in un canale* (*Rend. Palermo*, 1909)] et de M. H. Villat [*Sur le mouvement discontinu d'un fluide dans un canal renfermant un obstacle* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 1912), ainsi que d'autres recherches qui se trouvent citées dans ma *Göttinger Dissertation : Ueber diskontinuierliche Flüssigkeitsbewegungen mit zwei freien Strahlen*, 1913].

Dans toutes ces recherches on étudie seulement le mouvement fluide dans un espace à deux dimensions, et, en effet, les grandes difficultés mathématiques, qu'engendrent les problèmes analogues, dans l'espace à trois dimensions, n'ont pu être vaincues jusqu'à présent dans aucun cas particulier. On peut pourtant trouver, à l'aide des théorèmes des quantités de mouvement appliqués aux fluides (all. : *Impulssätze*), des formules représentant la résistance d'un obstacle dans un fluide, pour le cas de l'espace à trois dimensions, en fonction de certains paramètres du mouvement. Voici le problème dont j'ai donné la solution :

D'un canal cylindrique, dont les génératrices s'étendent infiniment seulement dans une direction, s'échappe un courant fluide, terminé par des surfaces de glissement à la Helmholtz, qui rencontre un obstacle aux bords tranchants, et qui laisse derrière celui-ci une portion de masse fluide en repos étendue à l'infini et séparée du fluide en mouvement par des surfaces de glissement. On cherche la composante dans la direction des génératrices, de l'action du fluide exercée sur l'obstacle considéré.

J'ai appliqué le théorème des quantités de mouvement projetées sur la direction des génératrices, à la masse fluide terminée par une section droite du cylindre très loin dans la direction où les génératrices s'étendent infi-

niment, par le cylindre lui-même, par l'obstacle, par les surfaces de glissement et enfin par une surface Σ orthogonale à toutes les lignes de courant, très loin dans la direction opposée à celle où a été pratiquée la section droite du cylindre. J'ai trouvé pour la résistance

$$R = \frac{S_1 V_1^2}{2}\left[\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 2\frac{S_1}{S_2}\cos\overline{\theta} + 1\right], \tag{1}$$

où S_1 est la surface de la section droite du canal, S_2 celle de la section orthogonale asymptotique Σ du fluide en mouvement, V_1 la vitesse du fluide à l'infini où le mouvement commence et $\overline{\theta}$ un angle moyen défini par la relation

$$\cos\overline{\theta} = \frac{1}{S_2}\int_{\Sigma} \cos\theta\, dS_2,$$

si θ est l'angle que chaque ligne de courant fait asymptotiquement avec la direction des génératrices du cylindre et dS_2 un élément de la surface Σ.

Si les génératrices du cylindre s'étendent à l'infini dans les deux directions, alors la formule (1) devient

$$R = \frac{H^2}{2S_1} V_1^2, \tag{2}$$

où H signifie la surface asymptotique de la section droite du fluide en repos derrière l'obstacle.

Pour le mouvement en deux dimensions on a les mêmes formules (1) et (2) pour les résistances, où l'on doit remplacer $\cos\overline{\theta}$ par

$$\frac{1}{c_1 + c_2}(c_1 \cos\theta_1 + c_2 \cos\theta_2),$$

θ_1 et θ_2 étant les angles que les deux branches fluides font respectivement avec l'axe des abscisses, derrière l'obstacle, et c_1 et c_2 les largeurs asymptotiques de ces deux branches ($c_1 + c_2 = S_2$); on considère en outre pour la résistance et pour les surfaces S_1, S_2 et H seulement une portion d'une profondeur égale à un dans la direction de la troisième dimension.

La formule (2) a été établie par MM. Cisotti et Villat (voir les Mémoires cités plus haut) pour les cas du mouvement dans l'espace à deux dimensions, à l'aide d'une formule de Green, qui demande un calcul plus laborieux et moins intuitif; enfin j'ai trouvé dans ma *Dissertation* la formule plus générale (1), à l'aide du même théorème des quantités de mouvement, appliqué au mouvement en deux dimensions.

Les développements concernant l'espace à trois dimensions paraîtront prochainement.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les transformations canoniques spéciales.* Note de M. A. BILIMOVITCH, présentée par M. Appell.

Si le système des équations différentielles dans la forme canonique

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial q_i}, \qquad \frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où $H =$ fonct. (q_i, p_i, t) après le changement des variables déterminées par les relations (1) $F_r(q_i, p_i, Q_i, P_i, t, T) = 0 \, (r = 1, 2, \ldots, 2n+1)$ reçoit de nouveau la forme canonique

$$\frac{dP_i}{dT} = -\frac{\partial K}{\partial Q_i}, \qquad \frac{dQ_i}{dT} = \frac{\partial K}{\partial P_i},$$

où $K =$ fonct. (Q_i, P_i, T), la transformation correspondante s'appelle, comme on sait, *canonique*.

Il est à distinguer deux sortes de transformations canoniques : les premières, que nous appellerons *générales*, sont applicables à un système canonique quelconque; plusieurs géomètres s'en sont occupés, et S. Lie a démontré qu'elles coïncident avec les transformations de contact. Les transformations de la seconde sorte seront celles qui restent canoniques, généralement parlant, seulement pour le système donné et pour la fonction H déterminée. Appelons-les transformations canoniques *spéciales* du système donné; leur étude fera l'objet de cette Note.

Dans ce qui suit, bornons-nous au cas où la fonction H ainsi que les formules de transformation ne dépendent pas de la variable t; le cas général se ramène au cas considéré en augmentant de deux unités le nombre des équations du système canonique.

Les conditions à vérifier pour que la transformation soit canonique peuvent être écrites sous la forme suivante :

$$\sum_{j=1}^{n} \left[(p_i, q_j) \frac{\partial K^*}{\partial q_j} + (p_i, p_j) \frac{\partial K^*}{\partial p_j} \right] = -\frac{\partial H}{\partial q_i},$$
$$\sum_{j=1}^{n} \left[(q_i, q_j) \frac{\partial K^*}{\partial q_j} + (q_i, p_j) \frac{\partial K^*}{\partial p_j} \right] = \frac{\partial H}{\partial p_i}$$
$$(i = 1, 2, \ldots, n),$$

où K^* est la fonction du système canonique nouveau, exprimée au moyen

des variables anciennes q_i, p_i et où les symboles

$$(u_t, u_s) = \sum_{e=1}^{n} \left(\frac{\partial u_t}{\partial Q_e} \frac{\partial u_s}{\partial P_e} - \frac{\partial u_t}{\partial P_e} \frac{\partial u_s}{\partial Q_e} \right)$$

signifient les parenthèses de Poisson. Si dans ces égalités nous exprimons toutes les parenthèses de Poisson à l'aide de celles de Lagrange, en profitant de la relation

$$\sum_{t=1}^{2n} (u_t, u_s)[u_t, u_\sigma] = \begin{cases} 0 & \text{si} \quad s \neq \sigma, \\ 1 & \text{si} \quad s = \sigma, \end{cases}$$

où au lieu de u seront mises respectivement q_i, p_i, on obtient alors les équations pour la détermination des fonctions Q_i, P_i, K^*. *Exemple :* si $H = e^{5p_1+4p_2+10q_1-q_2}(e^{p_1+2q_1}+1)$, on arrive par la transformation

$$P_1 = e^{p_1+p_2+q_1+q_2}, \quad P_2 = e^{p_1+2p_2+q_1+q_2}, \quad Q_1 = e^{5p_1+3p_2+11q_1-2q_2}, \quad Q_2 = e^{4p_1+2p_2+9q_1-2q_2}$$

à un nouveau système canonique, où $2K = P_1^2 Q_1^2 + P_2^2 Q_2^2$.

Pour classifier les transformations canoniques spéciales on peut, en rejetant le cas de la transformation ponctuelle, présenter les relations (1) sous la forme $p_i = \text{fonct.}(q_i, Q_i)$, $P_i = \text{fonct.}(q_i, Q_i)$, alors l'expression $\sum_{i=1}^{n} (p_i dq_i - P_i dQ_i)$, comme l'expression de Pfaff à $2n$ variables q_1, p_i peut se présenter sous l'une des deux formes normales suivantes :

$$dW + \sum_{s=1}^{m-1} A_s \, dB_s, \qquad \sum_{s=1}^{m} A_s \, dB_s,$$

où le nombre $2m-1$ dans le premier cas et $2m$ dans le second $(m \leqq n)$ déterminent la classe de l'expression de Pfaff. La transformation canonique générale est donc la transformation de la première classe; la transformation linéaire, par exemple

$$p_1 = a_1 P_1 + a_2 Q_1, \qquad q_1 = b_1 P_1 + b_2 Q_1 \qquad (a_1 b_2 - b_1 a_2 \neq 0),$$

où

$$2H = Ap_1^2 + 2B p_1 q_1 + C q_1^2,$$

se présente comme la transformation de la seconde classe. La transformation de l'exemple susdit est de la quatrième classe. Remarquons que la recherche de la transformation de la classe impaire se ramène à la recherche de

celle de la classe paire, puisque la fonction W peut être arbitraire. Les fonctions A_s, B_s doivent vérifier les conditions

$$\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{1}{\Delta}\frac{\partial\Phi_i}{\partial q_j}\sum_{l=1}^{n}\frac{\partial h}{\partial Q_l}\Delta'_{lj}-\frac{1}{\delta}\frac{\partial\Phi_i}{\partial Q_j}\sum_{l=1}^{n}\frac{\partial k}{\partial q_l}\delta'_{lj}\right)=-\frac{\partial h}{\partial q_i}+\frac{1}{\Delta}\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial h}{\partial Q_j}\Delta_{ji},$$
$$\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{1}{\Delta}\frac{\partial\Psi_i}{\partial q_j}\sum_{l=1}^{n}\frac{\partial h}{\partial Q_l}\Delta'_{lj}-\frac{1}{\delta}\frac{\partial\Psi_i}{\partial Q_j}\sum_{l=1}^{n}\frac{\partial k}{\partial q_l}\delta'_{lj}\right)=\frac{\partial k}{\partial Q_i}+\frac{1}{\delta}\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial k}{\partial q_j}\delta_{ji}$$
$$(i=1, 2, \ldots, n),$$

où $\Phi_i=\sum_{s=1}^{m}A_s\frac{\partial B_s}{\partial q_i}$, $\Psi_i=\sum_{s=1}^{m}A_s\frac{\partial B_s}{\partial Q_i}$, h et k sont les fonctions H et K exprimées au moyen des variables q_i, Q_i; Δ le déterminant avec la première ligne $\frac{\partial\Phi_1}{\partial Q_1}$, $\frac{\partial\Phi_1}{\partial Q_2}, \ldots \frac{\partial\Phi_1}{\partial Q_n}$ et le membre diagonale $\frac{\partial\Phi_1}{\partial Q_1}, \frac{\partial\Phi_2}{\partial Q_2}, \ldots \frac{\partial\Phi_n}{\partial Q_n}$; Δ_{ji} et Δ'_{ji} sont les déterminants déduits du précédent, en remplaçant les membres de la $j^{\text{ième}}$ colonne respectivement par les $\frac{\partial\Phi_1}{\partial q_i}, \frac{\partial\Phi_2}{\partial q_i}, \ldots \frac{\partial\Phi_n}{\partial q_i}$ et $0, 0, \ldots 0, 1, \ldots 0$, où l'unité est à $i^{\text{ième}}$ place. Les déterminants δ, δ_{ji}, δ'_{ji} sont analoguement construits au moyen des fonctions $\Psi_1, \Psi_2, \ldots \Psi_n$ et on différentie par rapport aux variables q_1, $q_2, \ldots q_n$. Les formules de la transformation dans le cas de la classe paire et impaire se présentent respectivement sous les formes suivantes:

$$p_i=\frac{\partial W}{\partial q_i}+\sum_{s=1}^{m-1}A_s\frac{\partial B_s}{\partial q_i}, \qquad P_i=-\frac{\partial W}{\partial Q_i}-\sum_{s=1}^{m-1}A_s\frac{\partial B_s}{\partial Q_i};$$
$$p_i=\sum_{s=1}^{m}A_s\frac{\partial B_s}{\partial q_i}, \qquad P_i=-\sum_{s=1}^{m}A_s\frac{\partial B_s}{\partial Q_i}.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Propagation du son dans un fluide hétérogène non absorbant.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Un fluide hétérogène non absorbant en équilibre est défini par deux fonctions des coordonnées x, y, z, mais non du temps, sa densité ρ et son élasticité λ, ou la vitesse du son Ω définie par $\lambda=\rho\Omega^2$. A une petite dilatation cubique $\theta\,(=u'_x+v'_y+w'_z)$ correspond un petit excès de pression $-\lambda\theta$, et une énergie potentielle $\frac{1}{2}\lambda\theta^2=U$.

Des équations du mouvement

$$(\lambda\theta)'_x = \rho u'', \quad \ldots,$$

on tire facilement l'équation fondamentale rigoureuse

$$(1) \qquad \Delta(\lambda\theta) = \rho\theta'' + \frac{1}{\rho}[\rho'_x(\lambda\theta)'_x + \rho'_y(\lambda\theta)'_y + \rho'_z(\lambda\theta)'_z].$$

J'appelle *rigoureuse* toute relation valable quelles que soient les fonctions ρ, λ dans l'espace, et *approchées* les relations qui supposent ρ et λ très lentement variables.

Un son simple de fréquence ν donnera naissance à une dilatation

$$(2) \qquad \theta = f(x, y, z)\cos[2\pi\nu t - \varphi(x, y, z)]$$

d'amplitude f, et de phase φ. J'appelle *onde* toute surface d'égale phase; la vitesse de propagation normale de la phase Ω_φ est, par suite, telle que

$$(3) \qquad \frac{4\pi^2\nu^2}{\Omega_\varphi^2} = \varphi'^2_x + \varphi'^2_y + \varphi'^2_z.$$

2. Cela posé, substituons (2) dans (1); l'équation devient

$$F\cos(2\pi\nu t - \varphi) + G\sin(2\pi\nu t - \varphi) = 0,$$

qui ne peut être satisfaite à toute époque que si F et G sont séparément nuls. Ces deux équations ont une signification très simple; on a en effet *rigoureusement*

$$(4) \qquad 0 = \left(\frac{1}{4\pi^2\nu^2\lambda f}\right)F$$
$$= -\frac{1}{\Omega_\varphi^2} + \frac{1}{\Omega^2} + \frac{1}{4\pi^2\nu^2}\left[\frac{\Delta f}{f} + D(\log f, \log\lambda\Omega^2) + \frac{\Delta\lambda}{\lambda} - D(\log\lambda, \log\rho)\right],$$

en posant

$$D(u, v) = u'_x v'_x + u'_y v'_y + u'_z v'_z;$$

et

$$(5) \qquad 0 = \frac{\lambda f}{\rho}G = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\lambda^2 f^2}{\rho}\varphi'_x\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\lambda^2 f^2}{\rho}\varphi'_y\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\lambda^2 f^2}{\rho}\varphi'_z\right).$$

3. La première équation (4) donne la vitesse de phase Ω_φ en chaque point en fonction de la vitesse Ω, et des variations premières et secondes de l'amplitude f et des propriétés (λ, ρ) du fluide au voisinage immédiat de ce point. Il y a une *dispersion* (terme en ν) d'autant plus marquée que le milieu est plus trouble, et l'onde considérée plus courbée ou d'amplitude

plus rapidement variable le long de l'onde même. Cette dispersion apparaît d'ailleurs en milieu homogène (λ, ρ, Ω constants) dès que l'amplitude ne satisfait pas à l'équation du potentiel $\Delta f = 0$, c'est-à-dire dès que l'onde n'est pas plane ou sphérique d'amplitude uniforme (¹).

Pour les ondes de très grande fréquence, d'amplitude lentement variable en tous sens, dans un milieu dont les propriétés varient lentement, la vitesse de phase Ω_φ est sensiblement égale à Ω en chaque point; c'est l'approximation ordinaire de l'Optique et de l'Acoustique.

La seconde équation (5) est une équation de conservation : *Dans un tube de normales aux ondes, de section droite* dS, *le produit* $\frac{\Omega^2}{\Omega_\varphi} U dS$ *se conserve; ce qui se conserve, ce n'est pas le flux d'énergie potentielle* $U dS$.

Cette propriété est rigoureuse, quelle que soit la complexité du milieu et de l'onde ; elle résume la double influence de la diffraction et des modifications par réflexions infiniment petites tout le long du milieu trouble. L'énergie potentielle moyenne U est en général différente de l'énergie cinétique moyenne.

Dans un milieu très trouble, et pour une onde dont l'amplitude varie très vite, la différence entre la vitesse de phase Ω_φ et la vitesse Ω est importante. Elle subsiste même en milieu homogène quand l'amplitude est rapidement variable.

Dans un milieu peu trouble, pour des ondes peu courbes et d'amplitude presque uniforme (c'est-à-dire à l'approximation ordinaire de l'optique géométrique), ce qui se conserve approximativement, c'est le produit $\Omega U dS$ et non $U dS$; la valeur moyenne de l'énergie potentielle U est alors égale à la valeur moyenne de l'énergie cinétique, et par conséquent à la moitié de l'énergie totale.

5. Ces considérations approchées peuvent trouver leur application dans la théorie du mirage sonore ; mais pour la propagation moyenne dans un milieu trouble à structure fine, uniforme en moyenne, non absorbant, il faut prendre les équations rigoureuses. Ces équations montrent quelle est la manière correcte d'évaluer la vitesse de propagation moyenne de la phase et la distribution moyenne de l'énergie.

(¹) BRILLOUIN, *Propagation anomale des sons aigus dans les tuyaux larges* (*Congr. Phys.*, 1900, t. I). — *Sur la propagation du son dans les grands tuyaux cylindriques, à propos des expériences de MM.* VIOLLE *et* VAUTHIER (*Ann. Ch. Phys.*, 1906, t. VIII).

Sans suppléer à l'intégration complète, ces relations (4), (5) peuvent aider à l'interprétation correcte de faits d'observation incomplets; elles peuvent aussi diriger les approximations utilement.

Remarques. — Les normales à l'onde ne sont pas, en général, les rayons de Fermat ($\Omega_\varphi \neq \Omega$); elles coïncident avec le vecteur radiant moyen, mais non avec le vecteur radiant instantané qui est variable. Des considérations analogues, mais un peu plus complexes, sont applicables en Optique et en Élasticité. On peut aussi tenir compte de propriétés absorbantes du milieu.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La vitesse de la lumière et le principe de Carnot.* Note de M. **Édouard Guillaume**, présentée par M. J. Hadamard.

Walther Ritz a essayé d'établir une électrodynamique [1] en prenant pour base le fondamental de la théorie de l'émission de la lumière, postulat qui satisfait au principe de relativité :

La vitesse de la lumière dépend de la vitesse que possédait la source au moment de l'émission; les particules lumineuses, expulsées en tous sens à l'instant t par un point lumineux P, conservent un mouvement rectiligne et uniforme et remplissent une couche sphérique dont le rayon augmente avec une vitesse constante c et dont le centre reste animé de la vitesse de translation v qu'avait P à l'instant t de l'émission, et cela, quel que soit le mouvement ultérieur de P.

La théorie de Ritz conduit à des relations entre électrons qui, en première approximation, diffèrent peu de celles de Lorentz-Einstein, bien que les notions habituelles de temps et d'espace soient conservées. Malgré ces avantages, les physiciens donnent la préférence à la théorie de Lorentz-Einstein sans que, jusqu'à présent, on ait donné un argument vraiment décisif contre la théorie de Ritz.

Dans la présente Note, je me propose de montrer *qu'il est possible, en s'appuyant sur le postulat ci-dessus et sur la notion habituelle de pouvoir émissif, de mettre en défaut le principe de Carnot, même en attribuant une certaine inertie aux particules lumineuses projetées.*

Considérons à cet effet un disque lumineux de surface S, animé, dans une direction perpendiculaire à son plan, d'un mouvement de va-et-vient de

---

[1] W. Ritz, *Recherches critiques sur l'Électrodynamique générale* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIII; *Archives des Sc. phys. et nat.*, 4e période, t. XXVI, Genève, 1908; *Œuvres*, p. 317).

centre O et de la vitesse $v = v_0 \sin \omega t$. L'élongation du disque sera

$$x = -\frac{v_0}{\omega} \cos \omega t.$$

Observons l'intensité spécifique en un point M situé sur le prolongement du segment parcouru par le centre du disque, à une distance Δ de O très grande par rapport à ce segment. Appelons E le pouvoir émissif du disque rapporté à l'unité de surface et d'angle solide. Pour plus de généralité, on peut le supposer fonction de la vitesse, de l'accélération et du temps.

La lumière émise à l'instant t arrivera en M à l'instant

$$(1) \qquad t' = t + \frac{\Delta - x}{c + v_0 \sin \omega t}$$

où c désigne la vitesse de la lumière par rapport au disque. Du temps t au temps $t + dt$, la quantité de lumière émise dans la direction OM sera

$$\frac{\mathrm{ES}}{(\Delta - x)^2} dt;$$

elle parviendra en M entre les instants t' et $t' + dt'$. L'intensité spécifique observée en M sera donc

$$(2) \qquad \mathrm{J} = \frac{\mathrm{ES}}{(\Delta - x)^2} \left| \frac{dt}{dt'} \right| = \frac{\mathrm{ES}}{(\Delta - x)^2} \left| \frac{1}{1 - \frac{v}{c + v} - \frac{\Delta - x}{(c + v)^2} \omega v_0 \cos \omega t} \right|.$$

Les relations (1) et (2) donnent J en fonction de t' à l'aide de t comme paramètre.

Considérons les époques successives

$$t' = \frac{2k\pi}{\omega} + \frac{\Delta + \frac{v_0}{\omega}}{c},$$

obtenues en posant $\omega t = 2k\pi$ (k entier). Si, maintenant, nous supposons M à la distance

$$\Delta_0 = \frac{c^2 - v_0^2}{v_0 \omega}$$

du point O, nous voyons que le facteur $\left| \frac{dt}{dt'} \right|$ deviendra périodiquement infini.

D'autre part, E ne dépend pas de Δ; il reste fini et différent de zéro. Ainsi, à une distance finie Δ_0, l'intensité du rayonnement prendra périodi-

quement des valeurs aussi grandes qu'on veut, quelles que soient les valeurs de v_0 et ω.

La relation concomitante qu'exigerait le principe de Carnot entre l'énergie, finie, nécessaire à l'entretien du mouvement du disque pendant un temps fini et la température obtenue, périodiquement infinie, ne peut donc exister.

Si M était près du disque, l'établissement de la formule pour J exigerait une intégration. On verrait alors que la densité de l'énergie peut être infinie sur des espaces finis et pendant des temps finis.

Un corps placé en M dans une enveloppe réfléchissante et alternativement soumis et soustrait, par une ouverture de l'enveloppe, au rayonnement du disque, pourrait prendre une température indéfiniment croissante, sans qu'il y ait jamais compensation entre l'énergie dépensée et la température obtenue.

Notre conclusion ne peut surprendre, si l'on pense que le travail effectué agit sur le phénomène même de l'émission, mais ne peut avoir aucune relation avec la *distribution* ultérieure des particules en couches plus ou moins denses dans l'espace, puisque, par hypothèse, ces particules ne réagissent pas les unes sur les autres.

Ritz avait entrevu ces difficultés, qui proviennent du facteur purement cinématique $\frac{dt}{dt'}$. Mais il ne considérait pas dans sa théorie de sources lumineuses caractérisées par un pouvoir émissif; il n'a envisagé que des relations entre électrons. Il pensait alors que ces difficultés disparaîtraient si l'on attribuait à l'électron une étendue finie.

En fait, elles sont restées non résolues, et l'on ne voit pas la possibilité de les écarter sans transformer le postulat même mis à la base de la théorie.

Nos résultats peuvent être généralisés :

La vitesse c de la lumière dans le vide ne peut pas être fonction uniquement de la vitesse v que possédait la source au moment de l'émission.

En effet, en posant

$$c = f(v) = c_0 + \alpha v + \beta v^2 + \ldots$$

on arriverait aux mêmes conclusions que ci-dessus.

Cette extension a son importance en Astrophysique [1].

---

(1) D.-F. Comstock, *Astrophys. Journ.*, 1910; E. Freundlich, *Zur Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit* (*Phys. Zeitschr.*, t. XIV, 1913, p. 835).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la capacité de polarisation d'une électrode soumise à une force électromotrice alternative et sur un procédé pour la déterminer.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

Un voltamètre, soumis à une force électromotrice alternative inférieure à celle qui représente la limite de la polarisation, joue à peu près le rôle d'un système de deux condensateurs réunis en cascade dont les capacités seraient dans le rapport des surfaces des deux électrodes. On peut déterminer très simplement la capacité de cet ensemble, pour diverses valeurs de la force électromotrice, par la méthode de zéro suivante, analogue à celle que j'ai indiquée pour la mesure des résistances très grandes ([1]).

L'aiguille d'un électromètre à quadrants est reliée à l'une des bornes d'une distribution de courant alternatif; l'autre borne communique aux deux paires de quadrants A et B, respectivement par l'intermédiaire d'une capacité variable et connue C et par celui du voltamètre. Entre l'aiguille et les quadrants sont dérivées du côté A une capacité fixe c_1, du côté B une capacité variable c. Quand il y a équilibre à l'électromètre, on a, x étant la capacité cherchée et 2γ celle de l'électromètre,

$$x = C\frac{c+\gamma}{c_1+\gamma}, \tag{1}$$

D'autre part, si E est la force électromotrice aux bornes de la distribution, v la force électromotrice appliquée au voltamètre,

$$(E - v)(c_1+\gamma) = vC,$$

d'où

$$v = E\frac{1}{1+\dfrac{C}{c_1+\gamma}}, \tag{2}$$

En faisant varier c, on règle v à volonté.

La différence de potentiel entre l'aiguille et les quadrants est $E - v$, d'où il résulte que, pour une valeur déterminée de v, la sensibilité de la méthode est proportionnelle à E. On a donc intérêt à prendre E assez grand. Comme d'autre part la limite supérieure de v est très faible, on est conduit à maintenir c et c_1 très petits devant C et x. On constituera les capacités c et c_1,

([1]) *Journal de Physique*, 5e série, t. III, 1913, p. 36.

qui supportent grosse part de la force électromotrice, de condensateurs à lame d'air et la capacité C qui ne supporte guère plus de 1 volt d'un condensateur à lames de mica. Dans l'application que j'ai faite de la méthode, la force électromotrice E était de 125 volts environ, la capacité c_1 de 5^m, la capacité c comprise entre 0^m et 50^m, et la capacité C constituée par un microfarad subdivisé en millièmes.

Comme la force électromotrice E est très peu constante, un voltmètre, dérivé aux bornes de la distribution, était consulté au moment de chaque mesure.

En réalité la force électromotrice appliquée aux extrémités de la dérivation n'est pas E, mais

$$\varepsilon = E(\omega^2 \Gamma^2 R^2 + 1)^{-\frac{1}{2}}, \tag{3}$$

Γ étant la capacité de l'ensemble $(x, C, c+\gamma, c_1+\gamma)$, ω la pulsation du courant et R la résistance du fil de suspension de l'électromètre (les résistances des autres parties du circuit, et en particulier celle du voltamètre, peuvent être rendues tout à fait négligeables).

Ceci explique qu'un électromètre Dolezalek, à fil de quartz rendu conducteur par immersion dans une solution de $CaCl^2$, m'ait paru manquer de sensibilité, la résistance du fil de quartz restant extrêmement grande. Je lui ai substitué un électromètre Curie à fil de platine pour lequel R est complètement négligeable et ε confondu avec E.

Les électrodes, en platine, sont du type Wollaston et de même section. Leur partie inférieure est recourbée horizontalement et leurs extrémités actives amenées à une fraction de millimètre l'une de l'autre. Le liquide est une solution quasi normale de NaCl.

J'ai employé trois couples d'électrodes de diamètres respectifs $0^{mm},5$, $0^{mm},2$, $0^{mm},1$. On pouvait faire varier v de 0,05 à 1 volt avec les premières, entre 0,15 et 1,3 volt avec les secondes, entre 0,4 et 1,74 volt avec les troisièmes. Les capacités correspondant à une même force électromotrice ne sont pas exactement dans le rapport des carrés des diamètres, ce qui s'explique par le fait que la section de l'électrode en contact avec l'électrolyte est en général non pas une section droite, mais une section plus ou moins oblique du fil de platine.

Si les électrodes sont neuves et qu'on leur applique une force électromotrice progressivement croissante, la capacité diminue d'abord, passe par un minimum du voisinage de 0,15 volt, augmente à peu près linéairement jusqu'à 1,2 volt, puis de plus en plus vite, la dérivée $\frac{\partial v}{\partial x}$ tendant vers l'infini pour $v = 1,74$ volt environ.

Fils de 0,5 :	$x\,10^{-8}$ microfarads...	125	115	126	144	161	172	190	218	242	272	302	336	376
	v millivolts.........	42	124	166	242	298	362	406	496	576	702	812	914	1036

Fils de 0,1 :	x millimicrofarads..	11,7	21,9	38,0	55,1	80,5	90,7	121	153	185	241
	v centivolts.........	39	66	96	123	143	155	166	173	174	174

Lorsqu'on est arrivé à la limite de v, l'équilibre devient très instable. D'ailleurs, l'électrode cesse alors de fonctionner exclusivement comme une capacité, et les formules appliquées ne sont plus rigoureuses.

Si l'on maintient le passage du courant, en laissant constants c et par suite $\frac{x}{C}$, la capacité de l'électrode x diminue progressivement pour se fixer à une valeur limite qu'elle atteint d'autant plus vite que l'électrode est plus petite et c plus grand. En même temps, d'après (2), la force électromotrice appliquée v augmente. La variation de x peut atteindre $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$.

Pour une valeur donnée de c, la valeur limite de x est plus grande quand on va dans le sens des c décroissants que lorsqu'on va en sens inverse. La différence est seulement de quelques centièmes si l'on est dans la région où x et v croissent en même temps; mais si v est inférieur à la valeur qui correspond au minimum, on observe une différence très considérable, d'autant plus grande qu'on est parti d'une force électromotrice plus grande.

Ainsi, avec les électrodes de $0^{mm},2$ et pour la valeur 0,061 du rapport $\frac{x}{C}$, on obtient comme valeurs limites de x en millimicrofarads : 26,1 correspondant à $v = 0,145$ volt quand on part de la force électromotrice zéro, 40,9 avec $v = 0,107$ volt si l'on part d'une force électromotrice de 0,65 volt ($c = 18^{m}$), 78,1 avec $v = 0,058$ volt si l'on est parti d'une force électromotrice de 1 volt ($c = 48^{m}$).

L'augmentation de x due au passage intermédiaire par une force électromotrice plus élevée subsiste encore si l'on tente un nouveau passage par une force électromotrice plus basse. La capacité n'est même pas modifiée par un lavage de l'électrode à grande eau et renouvellement de l'électrolyse. Il faut, pour retrouver la capacité primitive, passer l'électrode au feu.

En résumé, la capacité de polarisation semble partir d'une valeur très élevée pour une polarisation nulle, décroître rapidement jusqu'à un minimum pour croître continuellement ensuite. Son ordre de grandeur est de 10 microfarads par millimètre carré pour une différence de potentiel efficace de 0,5 volt entre l'électrode et l'électrolyte.

BIOPHYSIQUE. — *La trajectoire d'une particule perméable, se mouvant sans inertie dans un champ de force newtonienne bipolaire.* Note de MM. **Marius Hartog** et **Philip E. Belas**, présentée par M. Y. Delage.

L'un des auteurs de cette Note a obtenu des spectres magnétiques en saupoudrant la surface d'eau contenant un peu de gomme de poussière fine de magnétite naturelle. Pour accélérer la résolution en « chaînes de force » (voir *Comptes rendus* du 10 juin 1904), il soufflait sur la surface.

Il arrive souvent que, dans ce cas, les chaînes ne sont pas continues de pôle à pôle : il se forme alors de petits bouts ou chaînons. Comme on sait, les chaînes libres de se mouvoir se rapprochent de l'axe interpolaire en devenant plus épaisses et plus courtes, mais en restant concaves vers cet axe. Les bouts disjoints se rapprochent aussi et de l'axe et du pôle le plus proche, en maintenant leur élongation selon une ligne de force; mais la direction de leur marche est nettement *convexe* par rapport à l'axe : leur démarche à vrai dire a des allures de crabe.

En voulant approfondir ce phénomène, nous avons trouvé que la trajectoire d'une particule de matière plus perméable que le milieu dans un champ bipolaire magnétique ou électrostatique, n'avait pas été traitée d'une façon détaillée par les physiciens. Voici comment nous envisageons le problème : étant donné un champ de force plan, autour de deux centres, soit contraires, soit de même nom, et une particule plus perméable que le milieu (nous employons ce mot dans le sens général de Kelvin), si cette particule est libre de se mouvoir sous l'influence de la force résultante dans les points successifs qu'elle occupera, quel sera son trajet? Ou bien nous dirons, pour la concision, quelle sera la trajectoire d'un petit corps perméable se mouvant sans vitesse acquise dans un champ de force bipolaire?

La résolution analytique de ce problème ne devrait pas être difficile pour les physiciens possédant des compétences qui nous manquent : nous nous sommes tournés vers la solution expérimentale.

Voici le dispositif de notre expérience : une cuvette remplie d'eau est supportée sur les pôles de deux électro-aimants; un petit disque de fer doux est attaché à une rondelle de liège ou de moelle de sureau.

Lorsque ce disque flotte à une certaine distance des pôles, la friction de l'eau est suffisante pour détruire l'inertie au fur et à mesure du pro-

grès : mais, pour maintenir cette condition près du pôle, il est nécessaire d'augmenter la viscosité de l'eau, en y ajoutant du sirop, ou bien en saupoudrant la surface de farine. On reconnaît la condition voulue à l'arrêt instantané du flotteur dès l'interruption du courant. Le trajet vers le pôle est facile à suivre de l'œil : mais, lorsqu'on emploie la couche de farine, le flotteur laisse un sillage persistant qu'on peut dessiner ou photographier.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

1° La trajectoire d'une particule sur l'axe est le long de l'axe vers le pôle le plus proche.

2° La trajectoire dans le plan équatorial du champ à pôles de nom contraire (champ hétéropolaire) est contenu dans ce plan jusqu'au niveau de l'axe.

3° Dans n'importe quel autre point du champ, la trajectoire est *convexe* par rapport à l'axe, et rappelle absolument la courbe de la ligne de force correspondante dans le champ de force inverse, à pôles de même nom.

La trajectoire dans le champ à pôles de noms semblables (champ homopolaire) n'est pas si facile à décrire.

4° Sur l'équateur, la particule se déplacera selon ce plan en ligne droite.

5° Sur l'axe (sauf au milieu, bien entendu, où elle restera stationnaire), elle s'en ira suivant cette ligne vers le pôle le plus proche.

6° Partout ailleurs, elle décrira une courbe concave par rapport à cette ligne, courbe qui tendra vers une droite en approchant du pôle. Quand la station initiale est près de l'équateur, la particule commencera par s'éloigner de l'axe : mais la courbe de son parcours la fera bientôt retourner vers cette ligne. Les courbes parcourues rappellent le demi-profil d'un flacon de vin de Capri, dont on aurait supprimé la base et le goulot.

Pour opérer dans le champ homopolaire, il faut employer des aimants très forts, afin de vaincre la résistance du milieu, laquelle, nous l'avons vu, est nécessaire pour détruire l'inertie à chaque position successive.

Ces courbes seraient sans doute faciles à obtenir par les méthodes graphiques.

PHYSIQUE. — *Les champs moléculaires dans les cristaux et l'énergie au zéro absolu.* Note de M. G. **Foex**, présentée par M. E. Bouty.

MM. Kamerlingh Onnes, Perrier et Oosterhuis [1] ont établi qu'aucun

[1] *Communications from the Physical Laboratory Leyde*, n°s 122, 123, 124, 132.

corps paramagnétique solide ne suit la loi de Curie jusqu'aux très basses températures. Oosterhuis ([1]) a attribué les écarts à une énergie cinétique de rotation des molécules qui subsisterait au zéro absolu et dont Einstein avait déjà envisagé la possibilité.

Il ne paraît pas nécessaire, pour expliquer les faits en question, de renoncer à la théorie cinétique classique.

Le raisonnement de Oosterhuis ne tient pas compte des actions mutuelles entre molécules. Il est cependant probable que dans les corps cristallisés, corps sur lesquels ont porté les expériences :

1° Les molécules possèdent des orientations en rapport avec la symétrie du milieu ;

2° Les molécules étant très voisines, une orientation par le champ magnétique produit un champ moléculaire qui réagit sur l'orientation ultérieure.

M. P. Weiss a fait la théorie de ces deux genres d'actions. Il traite les premières ([2]) en admettant l'existence d'une énergie potentielle W, fonction de la direction, qui maintiendrait l'orientation des molécules malgré l'agitation thermique. En appliquant la théorie cinétique, sans faire aucune hypothèse sur W, P. Weiss a montré que le moment magnétique par unité de masse σ_1, relatif à la direction I du cristal, est donné par

$$\sigma_1 = \frac{3\,\mathrm{CH}}{\mathrm{T}} \frac{\int e^{-\frac{W}{RT}} \cos^2 \alpha \, d\omega}{\int e^{-\frac{W}{RT}} \, d\omega}; \tag{1}$$

C, constante de Curie; R, constante des gaz ; α, angle de l'axe d'une molécule avec le champ H ; T, température absolue.

Champs moléculaires. — Ils sont positifs ou négatifs ; M. Weiss les suppose égaux à $n\sigma$, n étant une constante. Le coefficient d'aimantation k, au-dessus du point de Curie θ, varie alors suivant la loi $k(\mathrm{T} - \theta) = \mathrm{C}$.

Il reste à examiner le cas où les deux types d'actions sont réunis. Tant que σ est proportionnel à H, on peut introduire dans l'équation (1), à la place de H, le champ total $\mathrm{H} + n_1 k\mathrm{H}$, somme du champ extérieur et du champ moléculaire. Ce dernier, variable avec la direction, est caractérisé par ces trois coefficients principaux n_1, n_2, n_3. En appelant y_1 le rapport

([1]) *Physikalische Zeitschrift*, 15 septembre 1913.

([2]) P. Weiss, *Comptes rendus*, 1913.

des intégrales de l'équation (1), on a pour la direction principale I :

$$(2) \qquad \sigma_1 = \frac{3\,\mathrm{CH}}{\mathrm{T}}(1 + k_1 n_1) y_1, \qquad k_1 = \frac{3\mathrm{C} y_1}{\mathrm{T} - 3 n_1 \mathrm{C} y_1}.$$

Les mesures portent, en général, sur un solide pulvérisé. Elles donnent la moyenne $k_m = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$. L'équation (2) permet de trouver ce k_m en fonction des quantités y. Celles-ci représentent la valeur moyenne que prend $\cos^2\alpha$ quand H coïncide avec l'une des directions principales. On a toujours $y_1 + y_2 + y_3 = 1$. A haute température les y tendent vers $\frac{1}{3}$, on retombe alors sur la loi de Weiss $k_m(\mathrm{T} - \theta) = \mathrm{C}$, avec $\theta = \mathrm{C}\frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$ et la quantité k_m est représentée en fonction de T par une droite. Quand T diminue, les y s'écartent de $\frac{1}{3}$, mais les écarts du premier ordre se compensent dans la moyenne. Ce n'est qu'à très basse température que k_m cesse de suivre la loi de Weiss. Le calcul donne le sens de cet écart.

Pour T = o, on trouve :

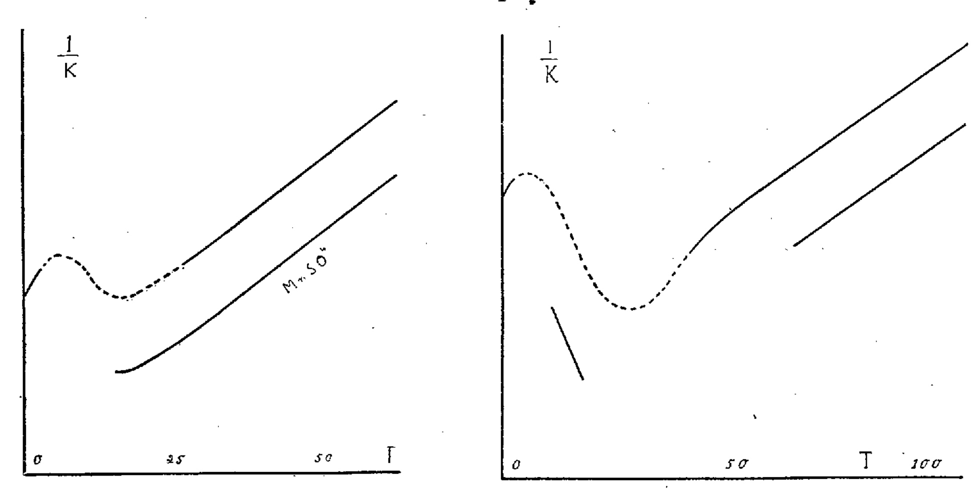
$$\frac{1}{k_m} = -3\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3}\right)^{-1},$$

$$\frac{d\left(\frac{1}{k_m}\right)}{d\mathrm{T}} = \frac{1}{\mathrm{C}}\left(\frac{1}{n_1^2 a_1} + \frac{1}{n_2^2 a_2} + \frac{1}{n_3^2 a_3}\right)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3}\right)^{-2},$$

a_1, a_2, a_3 étant les valeurs, comprises entre σ et 1, que prennent les y pour T = o. On connaît donc : la portion rectiligne de la courbe, le sens de la première courbure en descendant, le point où la courbe coupe l'axe des ordonnées et la tangente en ce point. Ces renseignements ne déterminent pas complètement la loi de variation de $\frac{1}{k_m}$, ils permettent de s'en faire une idée lorsqu'on complète la courbe par le tracé le plus simple possible. Il reste peu d'ambiguïté. Les types de courbes en nombre limité, qui correspondent aux différents systèmes de valeurs des n et des a, ont une signification physique très claire.

La figure ci-après représente deux de ces courbes, elles correspondent au cas de $n_1 + n_2 + n_3 < \sigma$. Le prolongement de la partie rectiligne couperait l'axe des T en arrière du zéro absolu. On a tracé en trait plein les parties des courbes données par le calcul, les raccords en pointillé. La courbe de gauche représente bien les expériences de Kamerlingh Onnes et Oosterhuis sur le sulfate de manganèse anhydre. On peut rapprocher de celle de droite les observations de Kamerlingh Onnes et Perrier sur le

sulfate ferreux. Celles-ci sont représentées par les deux portions de droites tracées en dessous de la courbe théorique. D'autres courbes ont été trouvées



qui correspondent à différents autres cas déjà observés, d'autres enfin ne correspondent à aucun cas expérimental décrit.

Système cubique. — On a

$$n_1 = n_2 = n_3, \qquad y_1 = y_2 = y_3.$$

La loi linéaire subsiste jusqu'aux plus basses températures. C'est donc aux cristaux cubiques qu'il faudra s'adresser si l'on veut chercher comment varie l'énergie cinétique de rotation des molécules aux basses températures. Les résultats expérimentaux qu'on possède actuellement ne permettent pas de conclure pour ou contre la théorie cinétique. Mais ce qui précède montre que des champs moléculaires superposés aux phénomènes cristallins suffisent pour rendre compte des écarts à la loi de Curie aux basses températures sans qu'il soit nécessaire d'introduire les *quanta* ou l'énergie au zéro absolu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la vitesse de formation des composés diazoïques.* Note de M. E. TASSILLY, présentée par M. A. Haller.

Quand on fait réagir sur une amine cyclique primaire du nitrite de soude en milieu acide, il se forme un composé diazoïque, mais cette formation peut n'être pas instantanée, et la rapidité avec laquelle le maximum

est atteint peut varier, soit avec la nature de l'amine, soit avec les conditions expérimentales. C'est dans le but de rechercher comment les différentes amines se comportent à ce sujet et aussi pour déterminer l'importance des facteurs intervenant dans la réaction que nous avons entrepris les recherches dont nous allons donner le résultat.

La méthode consiste à mesurer, à l'aide du spectrophotomètre de Ch. Féry, les absorptions produites par une solution de matière colorante oxyazoïque résultant de la copulation d'un composé phénolique avec le diazoïque, les prélèvements étant effectués sur la solution du diazoïque à des temps déterminés à partir du moment où a été faite la diazotation.

Dans tous les cas nous mélangeons à la température de la glace fondante 100^{cm^3} de solution acide d'amine (contenant par litre $\frac{1}{100}$ de molécule-gramme de chlorhydrate et 5^{cm^3} de HCl à 36°) et 400^{cm^3} d'une solution de nitrite à $0^g,20$ par litre.

Après des temps définis nous prélevons 10^{cm^3} de la solution du diazoïque ainsi obtenu et nous copulons avec 10^{cm^3} d'une solution sodique de β-naphtolmonosulfonate de soude 2.6 (sel de Schœffer) à 3^g de sel et 3^g de soude caustique par litre. Après 2 minutes, temps plus que suffisant, nous étendons, suivant les amines étudiées, à 50, 100, 200 ou 400^{cm^3} et nous mesurons l'absorption au spectrophotomètre. Cette mesure est faite dans la région du spectre correspondant au maximum d'absorption.

Les solutions colorées en rouge ou rouge orangé sont examinées dans la région vert bleu du spectre comprise entre les divisions 180 et 200 du micromètre (la raie du sodium étant à la division 50), ces divisions correspondant à $\lambda_1 = 4500$ et $\lambda_2 = 4300$ U.A.

Pour chaque mesure on a fait deux ou trois lectures et l'on a pris la moyenne. En général l'écart entre ces lectures est au plus d'une demi-division de l'appareil.

Voici les résultats obtenus avec l'aniline :

Temps en minutes.	Lectures à partir de la divison 33.	Variation à partir de la division 33.	Pourcentages de la réaction par rapport au maximum.
2	38	5	25
15	46	13	65
30	48,3	15,3	76,5
45	50,3	17,3	86,5
60	51,2	18,2	91
90	51,8	18,8	94
120	52,2	19,2	96
300	53	20	100

Le maximum est atteint au bout de 300 minutes.

La diazotation peut être considérée comme une réaction bimoléculaire, à molécules égales entre NO^2H et l'amine.

Si chaque molécule est représentée par 100 et si x représente le nombre

de centièmes combinés, on sait qu'on aura l'équation $\frac{dx}{dt} = k(100 - x)^2$, d'où, après intégration et en tenant compte de l'état initial, on tire $k = \frac{1}{t} \frac{x}{100 - x}$ et $x = \frac{100t}{k' + t}$ en posant $\frac{1}{k} = k'$.

En prenant pour k' le nombre 8 qui représente une moyenne et remplaçant k' par sa valeur dans l'équation précédente, on calcule pour chaque valeur de t une valeur correspondante de x.

Comme cette quantité a déjà été déterminée expérimentalement d'autre part, il est facile de faire la comparaison entre les valeurs de x provenant du calcul et les valeurs correspondantes trouvées expérimentalement.

	Temps (en minutes).					
	15.	30.	45.	60.	90.	120.
x (valeurs calculées)	65	78	85	88	92	93
x (valeurs trouvées)........	65	76,5	86,5	91	94	96

Il y a entre ces nombres une concordance suffisante pour pouvoir admettre que la diazotation est bien dans le cas de l'aniline représentée par l'équation $\frac{dx}{dt} = k(100 - x)^2$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la neutralisation de l'acide periodique.* Note [1] de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Je me suis proposé d'appliquer à l'étude de la neutralisation de l'acide periodique la méthode de volumétrie capillaire que j'ai décrite dans une Note antérieure [2], et appliquée déjà à l'étude de l'acide chromique [3].

Voici les résultats obtenus en ajoutant à des solutions d'acide periodique des volumes croissants de soude titrée et en comptant à chaque fois le nombre de gouttes correspondant à l'écoulement d'un même volume d'huile de vaseline additionnée d'acide stéarique.

---

(1) Présentée dans la séance du 24 novembre 1913.

(2) *Comptes rendus*, 17 mars 1913, t. 156, p. 894.

(3) *Comptes rendus*, 23 juin 1913, t. 156, p. 1902.

TABLEAU I (*fig.* 1).

Solution d'acide periodique exigeant $7^{cm^3},7$ *de soude* $\frac{n}{20}$ *pour la neutralisation de* 1^{cm^3} *en présence de méthyle orange.*

Nombre de centimètres cubes de soude ajoutés à 10^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
0	28
3,7	28
7,2	28
9,1	34
13,2	44
15,6	55
16,0	73
17,2	114

TABLEAU II.

Solution exigeant $6^{cm^3},2$ *de soude* $\frac{n}{20}$ *pour la neutralisation de* 10^{cm^3} *en présence de méthyle orange.*

Nombre de centimètres cubes de soude ajoutés.	Nombre de gouttes.
2,3	28
5,6	28
7,9	35
10,0	40
12,1	45
13,0	48
14,6	76
15,3	120

Ces résultats mettent nettement en évidence l'existence d'une première basicité forte, d'une seconde basicité faible, dont la neutralisation est caractérisée par un point anguleux, ou du moins par un changement très net dans l'allure de la courbe. Une troisième basicité ne se manifeste pas dans ces conditions, l'abaissement de tension superficielle devenant trop considérable pour qu'il soit possible de poursuivre assez loin les mesures. Je m'étais heurté à une semblable difficulté dans l'étude de l'acide phosphorique, mais j'avais pu, par la suite, mettre la troisième basicité en évidence en opérant sur des solutions beaucoup plus diluées [1]. J'ai usé ici du même

[1] *Bulletin de la Société chimique de France*, t. XIII, 1913, p. 657.

artifice. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant et représentés à la figure 2.

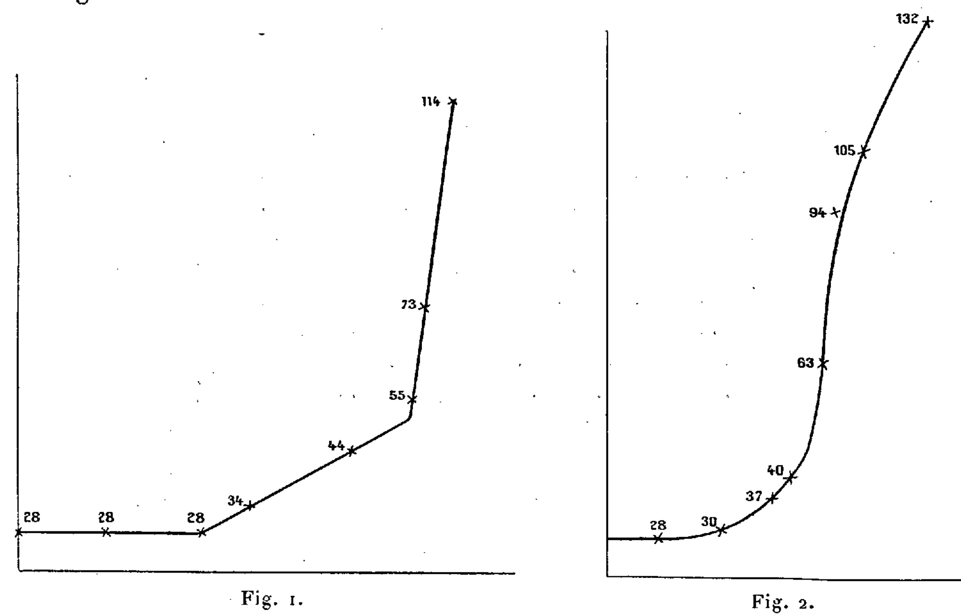


Fig. 1. Fig. 2.

TABLEAU III (*fig.* 2).

Solution d'acide periodique exigeant 4$^{cm^3}$,5 *de soude* $\frac{n}{20}$ *pour la neutralisation de* 50$^{cm^3}$ *de solution en présence de méthyle orange* (soit 0,9 pour 10$^{cm^3}$).

Nombre de centimètres cubes de soude ajoutés à 10$^{cm^3}$ d'acide.	Nombre de gouttes.
0	28
1,2	30
2,1	37
2,5	40
3,2	63
3,5	94
4,0	105
5,2	132

Un point anguleux se manifeste nettement à la neutralisation de la troisième basicité (2$^{cm^3}$,7) : par contre, la courbe ne présente dans la région correspondant aux quatrième et cinquième basicités aucune singularité analogue, mais offre au contraire l'aspect obtenu dans des solutions alcalines de concentration croissante.

L'acide periodique se comporte donc en solution comme un acide tribasique, cette conclusion s'accorde avec les résultats obtenus par M. Cornec (¹) au moyen de mesures de cryoscopie et d'indices de réfraction.

Je crois pouvoir conclure de ce travail et de mes recherches antérieures que la méthode capillaire est pour l'étude des neutralisations plus sensible que la méthode des conductibilités électriques; la troisième basicité est mise en évidence pour l'acide phosphorique comme pour l'acide periodique, alors qu'elle échappait, dans ces deux cas, aux mesures de conductibilité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'oxychlorure de carbone sur les phosphates et sur les silicates naturels*. Note de MM. **J. Barlot** et **Ed. Chauvenet**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'un de nous a montré que l'oxychlorure de carbone est un excellent chlorurant (²) et que l'emploi de ce gaz est tout à fait recommandable pour transformer en chlorures les oxydes et les sulfures naturels et artificiels. Le dispositif est en effet des plus simples : il suffit de mettre la bombe de phosgène en communication avec le tube renfermant la substance et de régler le courant de $COCl^2$; les températures d'attaque sont, d'autre part, relativement bases (les limites sont 300° et 600°). Ces résultats nous ont conduits à nous servir de l'oxychlorure de carbone, soit pour analyser les phosphates et les silicates, soit pour obtenir à l'état de pureté certains chlorures métalliques en partant directement de ces minéraux.

Phosphates (³). — Nous avons soumis à l'action de $COCl^2$ un certain nombre de phosphates naturels (vivianite, pyromorphite, uranite, monazite, etc.). Les deux premiers minéraux sont attaqués dès la température de 350°; à 500° la chloruration du fer et du plomb est presque instantanée. La réaction peut être interprétée de la manière suivante :

$$P^2O^5, 3MO + 6COCl^2 = 2POCl^3 + 6CO^2 + 3MCl^2.$$

(¹) *Contribution à l'étude physico-chimique de la neutralisation* (Thèse de doctorat, Gauthier-Villars, 1912).

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 87 et 1250; *Société chimique de France*, novembre 1911.

(³) Dans un Mémoire qui sera publié ailleurs, nous donnerons plus de détails sur les opérations analytiques.

Dans l'attaque de la vivianite, le chlorure ferrique seul vient se condenser dans les parties froides du tube; il est donc facile de retirer $FeCl^3$ et de doser rapidement le fer. La séparation du plomb n'est pas tout à fait aussi simple dans l'analyse de la pyromorphite, car $PbCl^2$ se volatilise en partie seulement. L'uranite est décomposée très rapidement vers 800° selon la réaction

$$P^2O^5, 2UO^2, CaO + 8COCl^2 = 2POCl^3 + 8CO^2 + 2UCl^4 + CaCl^2.$$

Le chlorure uranique est volatil, tandis que $CaCl^2$ reste entièrement dans la nacelle; la séparation de l'uranium et du calcium s'effectue donc très facilement. On peut, en outre, utiliser cette réaction dans le but d'obtenir du tétrachlorure d'uranium à partir de l'uranite.

L'emploi du gaz phosgène est enfin particulièrement commode pour doser le thorium dans la monazite.

Silicates. — Les silicates que nous avons traités sont la thorite, la gadolinite, la cérite, le zircon et l'émeraude. La réaction est ici la suivante :

$$SiO^3M + COCl^2 = SiO^2 + CO^2 + MCl^2.$$

L'attaque de trois silicates de terres rares commence vers 1000°, elle se fait rapidement vers 1150°. Les chlorures viennent se condenser dans les parties froides de l'appareil; on pourra effectuer ensuite la séparation du thorium par l'une des méthodes connues. Si l'on se propose simplement de doser le thorium dans ces minéraux, on dissoudra les chlorures et l'on séparera le thorium par l'un des procédés généralement employés.

Le zircon résiste jusqu'à 1250° environ; cependant, bien avant cette température, il se débarrasse du fer qu'il contient; après élimination de cet élément, on introduit la substance dans un deuxième tube que l'on chauffe à 1300°; la chloruration s'effectue alors rapidement; le mélange des chlorures (Zr et traces de Ca et Mg) est enfin redistillé vers 500°; dans ces conditions, $ZrCl^4$ se volatilise seul.

Quant à l'émeraude, elle résiste à l'action de $COCl^2$, même à 1400°; ne possédant pas d'appareil de chauffage nous permettant de dépasser cette température, il nous a été impossible de décomposer ce minéral.

En résumé, le gaz phosgène convient parfaitement soit pour attaquer les silicates et les phosphates en vue de leur analyse, soit pour préparer la plupart des chlorures métalliques anhydres en partant de ces minéraux. Quelle que soit donc la combinaison métallique que l'on ait à sa dispo-

sition [1] (oxyde, sulfure, silicate, nitrate, carbonate, sulfate), on pourra, au moyen de $CO\,Cl^2$, la transformer rapidement en chlorure anhydre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nitration du paraiodoacétanilide.* Note de M. P. **Brenans**, présentée par M. E. Jungfleisch.

L'action de l'acide azotique sur le paraiodoacétanilide

$$C^6H^4I_4(NH-CO-CH^3)_1$$

a déjà été étudiée par Michael et Norton [2] et, plus récemment, par Reverdin [3].

Dans des conditions, décrites sommairement, Michael et Norton ont réussi à nitrer et à saponifier du même coup l'acétanilide iodé et ils ont obtenu ainsi une nitraniline monoiodée $C^6H^3I(NO^2)(NH^2)$ en aiguilles, jaune orangé, fondant à 122°, dont la constitution était à compléter, puisque la position du groupe NO^2 restait incertaine.

Reverdin avoue qu'il n'est pas parvenu, ignorant pour quelle cause, à obtenir le dérivé nitré, fusible à 122°, décrit par ces auteurs.

En faisant réagir le chlorure d'iode sur l'orthonitraniline

$$C^6H^4(NO^2)_2(NH^2)_1,$$

j'ai obtenu [4] une nitraniline monoiodée (théorie pour $C^6N^5O^2N^2I$: I pour 100, 48,10; trouvé : 48,50 et 48,84), fondant à 123° et possédant les caractères du dérivé de Michael et Norton.

Pour cette raison, j'ai considéré (*loc. cit.*) ces deux nitranilines monoiodées comme étant le même composé et je lui ai attribué, pour des raisons que j'indiquerai dans une prochaine Note, la constitution

$$C^6H^3I_4(NO^2)_2(NH^2)_1.$$

---

(1) En réalité, nous n'avons traité par l'oxychlorure de carbone, ni les carbonates, ni les nitrates; mais, à cause de la facile décomposition par la chaleur de la plupart de ces combinaisons, ces produits se conduiraient en somme comme des oxydes quand on les chaufferait en présence de $CO\,Cl^2$. Quant aux sulfates, nous nous sommes assurés (tout au moins pour quelques-uns : SO^4Cu, SO^4Sr, SO^4Fe, SO^4Mn, etc.), qu'ils réagissent avec $CO\,Cl^2$ entre 300° et 500° de la manière suivante :

$$SO^3MO + 2\,CO\,Cl^2 = 2\,CO^2 + SO^2Cl^2 + M\,Cl^2.$$

(2) *D. ch. G.*, t. XI, p. 109.

(3) *Bull. Soc. chim.*, t. XIX, 1898, p. 143.

(4) P. Brenans, *Comptes rendus*, t. 135, 2e sem. 1902, p. 178.

J'ai repris l'étude de l'action de l'acide azotique sur le paraiodoacétanilide en m'efforçant de retrouver les conditions indiquées par les auteurs. Je n'y suis parvenu qu'incomplètement, car au lieu de la nitraniline iodée en question, j'ai obtenu, avec d'autres dérivés, son dérivé acétylé.

I. On dissout au bain-marie 15^g d'acétanilide iodé dans 150^g d'acide acétique cristallisable. On ajoute à la dissolution refroidie 125^g d'acide azotique de densité 1,42 et l'on porte très lentement la liqueur à la température de 80° qu'on maintient 2 heures environ. Après refroidissement, on verse la solution dans de l'eau glacée. Le précipité obtenu ainsi est dissous dans l'alcool et la solution est maintenue à l'ébullition avec du noir animal. La liqueur filtrée abandonne en refroidissant un produit blanc (4^g à 5^g) qui est l'acétanilide iodé, non attaqué.

Les eaux mères ayant fourni le précipité sont neutralisées avec du carbonate de potassium; elles donnent un nouveau précipité (5^g environ) qni est traité par un courant de vapeur d'eau. Le produit entraîné cristallise dans l'éther de pétrole en aiguilles incolores, fusibles à 63°. Je l'étudierai dans ce qui va suivre.

Dans une autre expérience, on verse peu à peu et en agitant un mélange refroidi de 65^g d'acide azotique ($D = 1,50$) et de 65^g d'acide acétique dans une dissolution de 20^g d'acétanilide iodé, dans 200^g d'acide acétique. On porte lentement la solution à la température de 50° qu'on maintient pendant 2 heures et l'on abandonne au repos pendant 24 heures; on maintient ensuite le mélange 4 heures durant à 60°-70°. Pendant ces opérations, de l'iode est mis en liberté et la liqueur se colore. Après refroidissement, on coule le mélange sur de la glace et on enlève l'iode libre en ajoutant un peu de bisulfite de soude. Le précipité jaune obtenu (15^g à 16^g) est un mélange de plusieurs composés. Pour les séparer, on traite ce mélange avec du benzène bouillant qui dissout une partie du produit; après refroidissement, on sépare par filtration le produit insoluble de la solution benzénique.

On dissout à chaud dans l'alcool absolu ce produit insoluble dans le benzène et l'on maintient la solution à l'ébullition avec du noir animal. La solution filtrée bouillante abandonne par refroidissement un composé exempt d'iode, en aiguilles blanches, fondant à 214°, puis un dérivé iodé, en prismes, fusibles à 167°.

La solution benzénique, maintenue à l'ébullition avec du noir, puis filtrée chaude, dépose en refroidissant un dérivé iodé formé d'aiguilles blanches qui, après de nouvelles cristallisations dans l'alcool, fondent à 171°. Cette solution benzénique concentrée par distillation fournit un second composé iodé, en aiguilles jaunes, fusibles après purification à 112°.

Dans cette expérience, j'ai obtenu quatre composés purs, dont trois en proportions à peu près égales; le dérivé fusible à 167° se forme en faible quantité. Je ferai leur étude dans ce qui suit.

Si l'on répète cette expérience en employant de l'acide azotique de densité 1,52, on obtient seulement deux produits, celui fondant à 214° (6^g) et celui qui fond à 112° (6^g).

II. *Étude du dérivé fusible à* 63°. — Il est assez soluble dans les solvants organiques et possède la composition d'une aniline monoiodée (théorie

pour C^6H^6IN : I pour 100, 57,99; trouvé : 57,76); c'est l'isomère

$$C^6H^4I_4(NH^2)_1.$$

III. *Étude du dérivé fusible à* 214°. — Il est soluble à chaud dans l'eau, l'alcool, le chloroforme, l'éther, peu dans le benzène et l'éther de pétrole. Il a la composition d'un dérivé monoacétylé d'une nitraniline (théorie pour $C^8H^8O^3N^2$: N pour 100, 15,55; trouvé : 15,53 et 15,39).

Pour établir sa constitution, je l'ai saponifié. Dans ce but, on maintient en tube scellé, 3 heures à 110°, 2g du produit avec 25g d'acide chlorhydrique; au bout de peu de temps, le composé entre en solution. On neutralise par l'ammoniaque la solution refroidie et étendue d'eau; on obtient ainsi un précipité jaune (1g,50). On le dissout dans du benzène bouillant d'où il cristallise en aiguilles jaune verdâtre, fondant à 147°, point de fusion dans la paranitraniline. Le composé fusible à 214° est donc le dérivé acétylé de la paranitraniline.

IV. *Étude du composé fusible à* 171°. — Soluble à chaud dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, moins dans le benzène, il cristallise en aiguilles. Il possède la composition d'un acétanilide diiodé (théorie pour $C^8H^7ONI^2$: I pour 100, 65,63; trouvé : 65,56 et 64,93; N pour 100, 3,61; trouvé : 3,59 et 3,44).

Pour saponifier cet amide, on chauffe pendant 6 heures à 110°, en tube scellé, 2g de ce composé avec 25g d'acide chlorhydrique. On obtient ainsi une solution qui est colorée par un peu d'iode mis en liberté. On neutralise la liqueur par l'ammoniaque et l'on traite le précipité obtenu par un courant de vapeur d'eau. On fait cristalliser la portion qui a distillé dans un mélange de chloroforme et d'éther de pétrole et on l'obtient en aiguilles, fusibles à 96°, ayant les caractères de l'aniline diiodée $C^6H^3I^2_{2,4}(NH^2)_1$ déjà décrite (¹). La partie importante qui n'a pas été entraînée est formée de l'acétanilide diiodé non saponifié.

J'ai comparé, en outre, cet acétanilide diiodé au dérivé acétylé que j'ai préparé en chauffant 0g,75 d'aniline diiodée $C^6H^3I^2_{2,4}(NH^2)_1$ avec 1g,50 d'anhydride acétique. Les produits des deux origines sont identiques.

Le composé fusible à 171° est bien l'acétanilide diiodé

$$C^6H^3I^2_{2,4}(NH-CO-CH^3)_1.$$

V. *Dérivé fondant à* 112°. — Très soluble dans le chloroforme, l'acétone,

(¹) P. BRENANS, *Comptes rendus*, t. 139, 2e sem. 1904, p. 65.

l'éther, le benzène, moins dans l'alcool et surtout l'éther de pétrole, il cristallise en aiguilles jaune d'or. Il possède la composition d'un dérivé acétylé d'une nitraniline iodée (théorie pour $C^8H^7O^3IN^2$: I pour 100, 41,50; trouvé : 41,78 et 41,46; N pour 100, 9,15; trouvé : 8,99).

Pour saponifier ce composé, on chauffe 2 heures à 100°, en tube scellé, 2g de cet amide avec 25g d'acide chlorhydrique. Par refroidissement, la solution dépose des aiguilles jaunes. On neutralise le mélange par l'ammoniaque et l'on dissout à chaud le précipité total dans l'alcool absolu. La solution filtrée chaude abandonne, à froid, un corps en aiguilles rouge orangé, fondant à 123° et ayant les caractères de l'orthonitraniline iodée $C^6H^3I_4(NO^2)_2(NH^2)_1$, décrite (*loc. cit.*).

Le corps fondant à 112° est donc le dérivé acétylé

$$C^6H^3I_4(NO^2)_2(NH - CO - CH^3)_1.$$

VI. *Composé fusible à* 167°. — Soluble à chaud dans l'alcool, moins dans le benzène, il cristallise en prismes. Je n'ai pas eu suffisamment de ce corps pour en établir la constitution; d'après sa composition, il semble être le dérivé acétylé d'une nitraniline iodée (théorie pour $C^8H^7O^3IN^2$: I pour 100, 41,50; trouvé : 41,82 et 41,98).

AGRICULTURE. — *Au sujet de l'emploi des pièges à vin pour capturer les papillons de la Cochylis.* Note de MM. **L. Moreau** et **E. Vinet**, présentée par M. Schlœsing fils.

Nous avons cherché à établir : 1° comment, en 1913, pour la génération d'été de la Cochylis, les conditions atmosphériques ont influencé les captures de papillons; 2° quel a été le degré de protection conféré à la vigne par les pièges à vin.

Nos pièges étaient installés dans le vignoble de Beil-Beille, près Angers, où nous avons établi un poste météorologique. Ils consistaient en de simples verres de 8cm de profondeur et de 6cm de diamètre à l'orifice. Ils étaient munis d'une plaque de verre 9 × 12 formant toit et maintenue, au-dessus, par un fil de fer qui servait aussi à suspendre les pièges entre les ceps, à la hauteur des grappes, toutes les 6 ou 9 souches, suivant les parcelles. Le liquide était constitué par du vin de lies additionné de 10 pour 100 de vinaigre. Les verres étaient remplis aux trois quarts, tous les deux ou trois jours, et les numérations de papillons étaient quotidiennes.

1° *Influence des conditions atmosphériques sur les captures.* — Il résulte

de nos observations que les captures de papillons qui, dans trois parcelles de vignes différentes, étaient, pendant la période du plein vol (pour 31 pièges), de 270 papillons, le 29 juillet, sont tombées, pendant les trois jours suivants, à 32,3 (moyenne journalière). Les prises sont redevenues nombreuses, le 2 août, pour atteindre, à cette date, leur maximum (308) et se maintenir élevées les jours suivants (241 papillons, le 3 août; 138 du 4 au 8 août, moyenne journalière). Cette diminution et ce relèvement brusque des captures coïncident avec des changements très nets dans les conditions atmosphériques. En effet, la température moyenne de la journée passe de 23°,6 (29 juillet) à 19° (moyenne du 30 juillet au 1er août inclus). Aux mêmes dates, le nombre d'heures de soleil varie de 8,5 à 2,2; l'état hygrométrique de l'air, au moment du vol des papillons, s'élève de 68 à 92; le vent passe du NE à l'O et au SE et sa vitesse tombe de 4^m par seconde à 0, les 30 juillet et 1er août. Enfin, au temps sec constaté du 24 au 29 juillet, succède une période de petites pluies (1^{mm},2, moyenne journalière du 30 juillet au 1er août). A partir du 2 août jusqu'au 8, on remarque un nouveau changement dans les conditions atmosphériques qui redeviennent, dans l'ensemble, ce qu'elles étaient le 29 juillet et les jours précédents.

Tous les agents météorologiques concourent, du 30 juillet au 1er août inclus, à réduire l'évaporation du liquide des pièges et, par conséquent, à diminuer leur attraction vis-à-vis des papillons. L'évaporation, en effet, qui était en moyenne de 0,5 le 29 juillet et les jours précédents, tombe à 0,2 pendant la période du 30 juillet au 1er août et se relève, le 2 août, pour atteindre son maximum 1,0 qui correspond précisément au maximum des captures. Cette attraction des pièges est encore diminuée du fait que l'état hygrométrique élevé et les pluies, du 30 juillet au 1er août, ont réduit les besoins que les entomologistes reconnaissent aux papillons de boire, ne serait-ce que pour compenser la perte en eau de leurs tissus.

Il faut voir, dans ces faits, la principale cause de la diminution brusque et importante des captures.

2° *Protection due aux pièges.* — Nous avons d'abord cherché à savoir quelles étaient les souches protégées par les pièges et celles qui étaient en dehors de leur influence. Pour cela, nous avons fait, du 9 au 13 septembre, de nombreuses numérations de grains *piqués* (1). Nous avons reconnu que

(1) Nous avons compté 23000 grains *piqués* sur 2220 grappes appartenant à 160 souches. A cette époque, une larve de Cochylis avait piqué en moyenne 5,1 grains (moyenne pour 1750 grains piqués).

la proportion de grains *piqués* pour 100 grappes était sensiblement la même sur le troisième rang et les suivants à partir du rang des pièges et un peu plus élevée que sur ce dernier. Notre témoin étant ainsi établi, nous avons comparé dans deux parcelles, le rang des pièges et les deux rangs voisins aux cinquième, neuvième et dixième rangs situés plus loin. Nous avons alors trouvé que la diminution dans le nombre de grains piqués pour 100 grappes était : pour le rang des pièges, de 26,2 pour 100 et de 19 pour 100 pour les deux rangs voisins.

Comme on le voit, malgré les captures nombreuses de papillons (2289 dans 31 pièges), la *protection conférée à la vigne a été faible, dans notre expérience*, et la diminution pour 100 dans le nombre des grains piqués pourrait être attribuée à toute autre cause qu'à l'influence des pièges, si chaque parcelle ne s'était pas présentée assez homogène au point de vue de la répartition des Cochylis. Ce faible résultat tient à ce que, naturellement, tous les papillons n'ont pas été capturés; à ce qu'il s'est produit un arrêt de trois jours dans les prises au moment du plein vol, et à ce que les femelles capturées avaient probablement déjà pondu une partie des œufs qu'elles doivent normalement pondre [1].

La capture des papillons de Cochylis au moyen de pièges à vin, influencée par les conditions atmosphériques dans la mesure que nous avons indiquée et qui ne donne, malgré les prises nombreuses, que des résultats assez faibles, ne nous paraît pas devoir constituer, à elle seule, un procédé de lutte suffisant, dans des circonstances analogues à celles que nous avons rencontrées. Elle ne peut être alors envisagée que comme un moyen de lutte complémentaire.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'indépendance des propriétés toxiques et des propriétés vaccinantes dans la sécrétion cutanée muqueuse des Batraciens et de quelques Poissons.* Note de Mme **Marie Phisalix**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai précédemment montré [2] que la sécrétion des glandes cutanées muqueuses des Batraciens est fréquemment toxique, et qu'en ce qui concerne en particulier la Grenouille verte (*Rana esculenta* Lacép.), la Gre-

[1] Dr P. Maisonneuve, *Les pièges alimentaires contre la Cochylis* (*Revue de Viticulture*, t. XL, 1913, p. 426).

[2] Mme Phisalix, *Action physiologique du venin muqueux des Batraciens et en particulier des Discoglossidæ* (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, 1908, p. 302-310).

nouille peinte (*Discoglossus pictus* Otth.) et le Crapaud accoucheur (*Alytes obstetricans* Wagl.), l'eau de lavage d'un seul sujet en sudation, inoculée par la voie intra-veineuse, suffit à foudroyer plusieurs lapins, ou à les tuer dans l'espace de 48 heures, si l'inoculation a été faite sous la peau.

J'ai également vu ([1]) que ces mucus toxiques, chauffés ou non, sont des vaccins, non seulement contre leur propre action, mais encore contre celle du venin de la Vipère aspic, et j'ai pu immuniser ainsi des Grenouilles, des Cobayes, des Lapins avec la sécrétion muqueuse de *Rana esculenta*, de *Pelobates cultripes*, de *Discoglossus pictus*, de *Siredon mexicanus*, d'*Alytes obstetricans* et de *Salamandra maculosa*, employés seuls, ou associés.

Mais cette sécrétion des glandes muqueuses de la peau des Batraciens ne se montre pas toujours toxique; c'est un fait qu'avait incidemment signalé Bugnon ([2]), qui opposait ainsi le *Protée* à l'Axolotl, et qui résulte des expériences de Gidon ([3]) sur la *Grenouille rousse*.

J'ai vérifié cette innocuité pour les deux cas précédents, ainsi que pour d'autres Batraciens, en particulier la *Sirène lacertine*, jeune et adulte, pour l'*Anguille* et pour un Poisson dypnoïque, le *Protoptère* ([4]).

La sécrétion cutanée muqueuse de tous ces animaux, inoculée dans les veines du Pigeon et du Lapin aux doses qui correspondent à ce que fournit le lavage d'un animal, doses bien supérieures à celles où les mucus de Grenouille verte, de Discoglosse et d'Alyte foudroient les mêmes animaux, ne détermine aucun symptôme général d'ordre toxique.

La Grenouille rousse établit une transition entre les Batraciens à mucus toxique et ceux à mucus anodin, car sa sécrétion, quoique dénuée d'action générale, a un pouvoir phlogogène local manifeste, pouvoir que ne détruit pas le chauffage à 80°, prolongé pendant 10 minutes.

([1]) Mme PHISALIX, *Propriétés vaccinantes du venin muqueux de la peau des Batraciens contre lui-même et contre le venin de la Vipère aspic* (*Bull. de la Soc. de Path. exotique*, t. VI, 1913, p. 190-196).

([2]) BUGNON, *Recherches sur les organes sensitifs qui se trouvent dans l'épiderme du Protée et de l'Axolotl* (Thèse de Médecine, Zurich, 1873).

([3]) GIDON, *Venins multiples et toxicité humorale chez les Batraciens* (Thèse de Médecine, Paris, 1900).

([4]) Je dois les animaux rares : Protées, Sirènes, Protoptères, sur lesquels j'ai pu expérimenter, à l'obligeance de M. Gadeau de Kerville et de M. le Professeur Roule, du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, auxquels j'adresse tous mes remercîments.

Mais, cette action purement locale mise à part, il est intéressant, au point de vue biologique, de voir apparaître spontanément la fonction venimeuse du mucus chez une espèce morphologiquement aussi voisine de la *Rana temporaria* que la *Rana esculenta;* ce caractère physiologique suffirait à lui seul à distinguer les deux espèces.

Ces faits montrent encore que la ou les substances venimeuses du mucus, sur la nature chimique desquelles on ne sait encore que fort peu de choses, sont totalement indépendantes de la substance muqueuse de la sécrétion, car ce sont précisément les sécrétions les plus riches en mucine, comme celles de la Sirène et du Protée, qui se montrent le plus complètement anodines.

Mais ces mucus non toxiques des glandes cutanées auraient-ils néanmoins des propriétés immunisantes? J'ai recherché ces propriétés vis-à-vis du venin de Vipère aspic pour ceux des espèces précédemment signalées : *Rana temporaria* Lacép., *Siren lacertina* Gray, *Proteus anguinus* Gray, *Protopterus annectens* Ow. et *Anguilla vulgaris* Cuv.

A cet effet des Cobayes ont été préparés par trois injections sous-cutanées, faites successivement à 48 heures d'intervalle de 4^{cm^3} de mucus. Celui-ci est obtenu par lavage à l'eau distillée des animaux mis en sudation au moyen de vapeurs irritantes d'éther ou de chloroforme, à raison de 2^{cm^3} à 4^{cm^3} d'eau par animal, suivant la viscosité du mucus, puis stérilisation pendant 24 heures par le chloroforme qui est, avant inoculation, évaporé à basse température. 48 heures après la dernière inoculation de mucus, les animaux sont éprouvés, en même temps que les témoins, par injection intra-péritonéale de venin de Vipère, en solution aqueuse à $\frac{1}{1000}$, avec la dose sûrement mortelle pour les animaux neufs. (Cette dose correspond dans ces expériences à 2^{mg} de venin sec, d'une virulence réduite au quart environ.)

Tous les témoins sont morts dans l'espace de 4 à 6 heures. Quant aux Cobayes préparés, seuls ceux qui ont reçu du mucus de Sirène ou d'Anguille ont résisté définitivement à l'épreuve. (Le mucus de la peau d'Anguille est donc vaccinant comme son sérum, sans en avoir les propriétés toxiques.)

Les Cobayes ayant été préparés avec le mucus de Protoptère ont survécu quelques heures aux témoins; enfin, ceux qui avaient reçu du mucus de Protée ou de Grenouille rousse ont succombé dans le même temps que les témoins.

Au point de vue des résultats fournis tant par nos expériences antérieures que par celles qui font l'objet de cette Note, on peut donc grouper comme il suit les sécrétions muqueuses de la peau :

1° Sécrétions cutanées venimeuses et vaccinantes. — Celles de *Megalobatrachus*

maximus (C. Phisalix), *Rana esculenta*, *Discoglossus pictus*, *Alytes obstetricans*, *Salamandra maculosa*, *Siredon mexicanus*.

2° Sécrétions cutanées non venimeuses. — Nettement vaccinantes : celles de *Anguilla vulgaris*, *Siren lacertina*; un peu vaccinantes : celles de *Pelobates cultripes*, *Protopterus annectens*; non vaccinantes : celles de *Rana temporaria*, *Proteus anguinus*.

En ce qui concerne les mucus des animaux du deuxième groupe, il faut noter que le chauffage à 58° pendant 15 minutes n'a pas augmenté leur pouvoir vaccinant, et qu'il ne l'a pas fait apparaître quand il n'existait pas.

De plus, l'inefficacité entière du mucus de Protée, mucus cependant très riche en mucine, montre que les propriétés vaccinantes de la sécrétion sont, comme ses propriétés toxiques, totalement indépendantes de la présence de la mucine : celle-ci ne peut que servir d'excipient aux substances actives du mucus et ne les fixe même pas.

En résumé, dans les sécrétions cutanées des Batraciens et des Poissons, où la présence de la mucine est seule constante, la propriété venimeuse et la propriété vaccinante, souvent superposées (*Discoglosse*, *Alyte*, etc.), apparaissent séparément (*Sirène*, *Anguille*) et souvent d'une manière brusque, d'une espèce à l'autre d'un même genre (*Rana esculenta*, *Rana temporaria*). *Ces fonctions venimeuses et vaccinantes sont donc secondairement et spontanément acquises;* elles se superposent toutes deux ou séparément, dans un même appareil sécréteur, à une fonction déjà existante; c'est ainsi qu'elles nous apparaissent d'ailleurs chez les Serpents du groupe des *Colubridæ aglyphes*, où des espèces, comme *Tropidonotus natrix* et *Tr. viperinus*, ont une salive parotoïdienne nettement venimeuse, tandis que d'autres espèces du même genre, ou de genres très voisins, méritent encore notre confiance et le qualificatif de « Couleuvres innocentes » que leur décernait Duvernoy.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Relation entre le diamètre des fibres nerveuses et leur rapidité fonctionnelle.* Note de MM. **L. Lapicque** et **R. Legendre**, présentée par M. Dastre.

Les diverses fibres nerveuses d'un même animal ou d'animaux variés diffèrent grandement par leur rapidité fonctionnelle. Notamment, tous les nerfs moteurs sont *accordés* avec le muscle qu'ils innervent; suivant que la contraction de ce muscle est plus ou moins rapide, la vitesse de l'influx nerveux est plus ou moins grande (Carlson), l'onde électrique (variation

négative) qui marque le passage de cet influx est plus ou moins brève; et, corrélativement, pour faire entrer le nerf en activité, l'excitant doit agir avec plus ou moins de brusquerie. Dans le cas de l'excitation électrique, on obtient facilement une valeur précise de la constante caractéristique d'un nerf en déterminant la durée d'excitation qui exige une intensité double de celle requise pour un courant prolongé. Cette durée a été définie par l'un

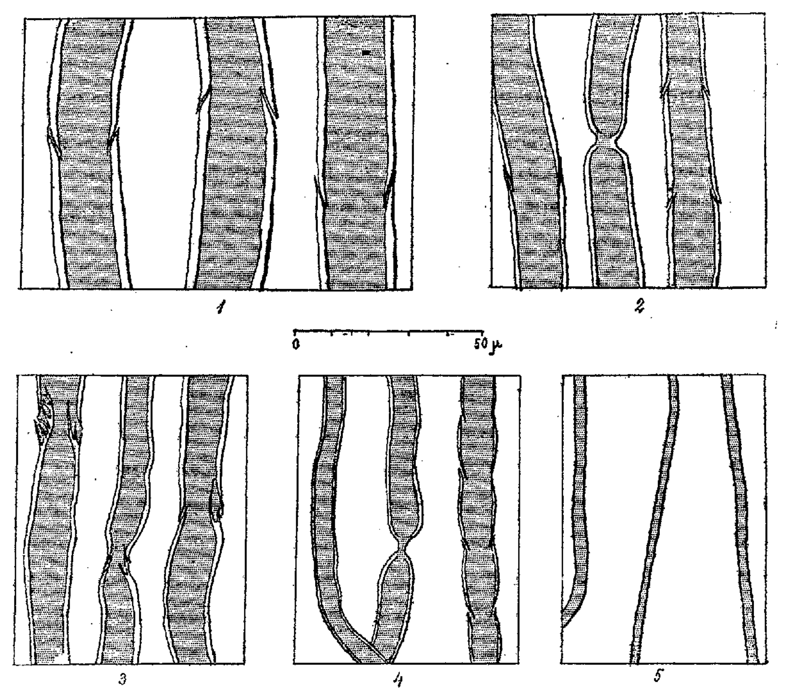


Fig. 1. — Nerfs de la grenouille : 1. Nerf du gastrocnémien; 2. Brachial; 3. Couturier; 4. Pneumogastrique; 5. Nerf de l'estomac.
Les *chronaxies* (constantes de temps) de ces divers nerfs sont respectivement, en millièmes de seconde : (1) 0,3; (2) 0,6; (3) 1; (4) 2; (5) 20.

de nous, sous le nom de *chronaxie*, comme mesure générale (par son inverse) de la rapidité nerveuse [1].

Pour chaque nerf (physiologique), dans une espèce donnée, on peut déterminer une chronaxie moyenne qui se retrouve avec la constance d'un caractère spécifique. Nous avons cherché s'il existe, en rapport avec cette propriété, un caractère morphologique visible. Nos recherches ont porté

---

(1) L. Lapicque, *Société de Biologie*, 24 juillet 1909; *Revue générale des Sciences*, 15 février 1910; *Comptes rendus*, 20 mars 1905 et 1er juillet 1913.

d'abord sur la grenouille (*Rana esculenta*), et nous avons trouvé une relation très simple et très apparente qui peut se formuler ainsi : *Les fibres nerveuses sont d'autant plus grosses qu'elles sont plus rapides.*

L'examen est pratiqué sans l'intervention d'aucun réactif, après simple dissociation dans l'eau physiologique ; les nerfs étant toujours des complexes de fibres, il n'est tenu compte que des plus grosses. Les différences de diamètre apparaissent au premier coup

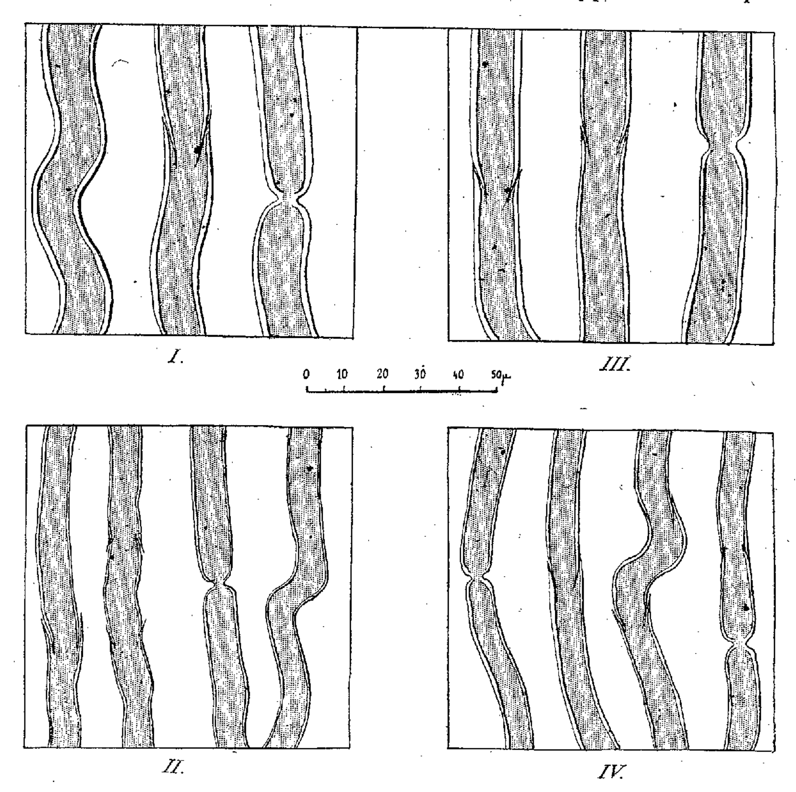


Fig. 2. — Nerfs des muscles blancs et des muscles rouges du lapin :
I. Grand adducteur; II. Semi-tendineux; III. Jumeau; IV. Soléaire.
Le grand adducteur et les jumeaux sont des muscles *blancs*, rapides; le semi-tendineux et le soléaire sont des muscles *rouges*, lents (Ranvier).

d'œil et peuvent être exactement mesurées. Voici les résultats obtenus sur la grenouille :

	Chronaxie (en millièmes de seconde).	Diamètre (en millièmes de millimètre).
1. Nerf du gastrocnémien	0,3	20
2. » brachial	0,6	13
3. » du couturier	1	11
4. » pneumogastrique (fibres inhibitrices du cœur)	2	7
5. Fibres motrices de l'estomac (post-ganglionnaires)	20	2

Ces grosseurs sont constantes, comme les chronaxies, chez les divers individus d'une même espèce. La gaine de myéline est plus grosse dans les fibres rapides que dans les fibres lentes. La distinction faite depuis longtemps entre fibres à myéline et fibres sans myéline correspond aux deux extrémités de la série. Cette variation systématique de grosseur n'a jamais été signalée, à notre connaissance.

Nous poursuivons cette étude sur les nerfs de divers animaux. Les premiers résultats obtenus indiquent que cette relation peut être généralisée et même que la comparaison peut être faite d'une espèce et même d'une classe à une autre, sans corrections considérables. Nous n'en donnerons qn'un exemple, sur un sujet classique. Ranvier a fortement marqué la différence fonctionnelle liée à une différence de structure qui existe entre les muscles blancs et les muscles rouges du lapin, les premiers à contraction rapide, les seconds à contraction lente, mais il n'a pas observé leurs nerfs-moteurs. Or, nous avons constaté que les fibres nerveuses se rendant au grand adducteur et au jumeau, muscles blancs, ont un diamètre de 13^{μ}, tandis que celles innervant le semi-tendineux et le soléaire, muscles rouges, n'ont que 8^{μ} de diamètre.

Cette relation que nous constatons entre la grosseur des fibres nerveuses et leur rapidité suggère de nouvelles conceptions, notamment au point de vue du fonctionnement du nerf et de la connaissance des voies nerveuses.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence de Poissons des profondeurs sur le marché de Paris.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Ed. Perrier.

Plusieurs espèces de Poissons fréquentant habituellement des profondeurs assez considérables et dont on ne connaît actuellement dans les Musées que peu d'exemplaires, commencent à apparaître plus ou moins communément sur le marché de Paris et y sont livrées à la consommation. Les unes arrivent déjà par grandes quantités, surtout en hiver, d'autres ne doivent être considérées encore que comme accidentelles.

Ces faits curieux sont la conséquence de l'évolution des plus caractéristiques subie, en France, par l'industrie des pêches maritimes. Les pêcheurs, en effet, vont maintenant chercher plus loin et plus bas les Poissons qui se montrent moins abondants sur nos côtes métropolitaines. C'est ainsi que depuis 10 ans déjà les chalutiers à vapeur, principalement ceux de Boulogne, fréquentent régulièrement les côtes d'Espagne et de Portugal et que même depuis quelque temps ils commencent à exploiter le littoral du Maroc et de la Mauritanie. De plus ils portent leurs engins jusqu'à des profondeurs de 200^{m} et capturent ainsi parfois de nombreux spécimens d'espèces réputées jusqu'ici comme très rares [1].

[1] Beaucoup de celles-ci n'avaient guère été étudiées en France que d'après les quelques échantillons récoltés par les grandes expéditions scientifiques comme, par

J'ai eu déjà l'occasion de signaler ([1]) quelques-unes de ces formes intéressantes, remises au Muséum de Paris par M. le Dr Jugeat, vétérinaire sanitaire aux Halles, qui depuis plus de deux ans surveille avec beaucoup de soin les arrivages et veut bien me soumettre les cas les plus remarquables au fur et à mesure de leur apparition.

La plupart de ces Poissons nouvellement apportés sur le marché de Paris ne sont pas à proprement parler spéciaux aux très grandes profondeurs, c'est-à-dire au système abyssal, mais se tiennent généralement au pied du plateau continental, par des fonds de 200m, là où les rayons lumineux n'arrivent plus que très faiblement; aussi les yeux sont-ils, chez presque tous, particulièrement développés.

Ce sont des Bérycidés, Acanthoptérygiens très primitifs comme le *Beryx decadactylus* Cuvier et Valenciennes et le *Beryx splendens* Lowe, d'une belle coloration rouge, qui arrivent en grande quantité, le premier depuis 1912, le second depuis cette année même, et l'*Hoplostethus mediterraneus* C. V. encore peu habituel; des Sparidés comme le *Dentex macrophthalmus* Bloch et le *Dentex maroccanus* C. V., très communs depuis 1912; un Serranidé, le *Pomatomus telescopus* Risso; un Zéïdé, le *Cyttus roseus* Lowe; un Bramidé, le *Brama Raii* Bloch, tous trois fort peu fréquents.

A cette liste doivent être ajoutées quelques espèces très rares, arrivées tout à fait accidentellement sur notre marché et dont le Dr Jugeat a recueilli récemment des exemplaires provenant sans doute des côtes du Portugal.

Il faut citer d'abord un Bramidé archaïque, le *Pterycombus brama* Fries. C'est une forme des plus intéressantes que ne possédait pas encore le Muséum de Paris et qui n'est actuellement connue que par une quinzaine de spécimens, presque tous des côtes de Norvège, sauf deux pris à la Corogne et dont A. Cligny ([2]) a donné une description très complète. Notre individu mesure 450mm de longueur (tête : 105mm; œil : diamètre vertical 41mm, diamètre horizontal 36mm). La ligne latérale continue est nettement visible et perce 52 écailles. La dorsale comprend 52 rayons, dont 6 épineux, l'anale 3 épines et 37 rayons mous.

Deux autres exemplaires appartiennent à une des familles les plus caractéristiques des zones abyssales, celle des Macruridés, ce sont : un *Macrurus atlanticus* Lowe, mesurant 285mm et un *Malacocephalus lævis* Lowe ([3]), remarquable par sa longueur, 435mm, supérieure à celle de la plupart des échantillons signalés jusqu'ici.

Enfin le Dr Jugeat m'a remis des écussons osseux dorsaux et anaux pris sur un Poisson débité le mois dernier aux Halles et qui doivent être rapportés à un Zéïdé

---

exemple, celles du *Travailleur* et du *Talisman*, dont les principaux dragages ont été effectués justement dans les parages où vont aujourd'hui communément nos pêcheurs.

([1]) *Bull. Soc. Zool. France*, 1912, p. 14; 1913, p. 80.

([2]) *Ann. Stat. Aquic.*, Boulogne-sur-Mer, nouvelle série, t. I, 1905, p. 2.

([3]) Ce Poisson a été recueilli dans l'estomac d'un Merlus (*Merlucius vulgaris* Cuvier).

rarissime, le *Parazenopsis conchifer* Lowe, décrit d'après un spécimen de Madère.

La liste donnée ci-dessus est destinée forcément à s'accroître; elle permet déjà de constater l'intérêt présenté par quelques-unes des espèces nouvellement livrées à la consommation parisienne.

De nombreuses explorations scientifiques ont montré l'abondance de la faune jusque dans les grands fonds marins; on voit que l'exploitation de ceux-ci commence à entrer dans le domaine des réalisations.

HISTOLOGIE. — *Sur les capillaires aériens des fibres musculaires chez les insectes*. Note de MM. **J. Athanasiu** et **J. Dragoiu**, présentée par M. A. Chauveau.

Avant les recherches de Cajal [1] (1894), on ne savait rien sur les rapports que les ramifications trachéennes des insectes entretiennent avec les fibres musculaires, parce que ces ramifications et surtout les capillaires ne se colorent par aucune substance colorante employée en histologie. En appliquant aux muscles de ces animaux l'imprégnation par le chromate d'argent (méthode de Golgi), Cajal a vu que les trachées donnent de nombreuses ramifications qui pénètrent dans les fibres musculaires des ailes, où elles se divisent abondamment. Mais il ne se prononce pas sur la question de savoir si toutes ces ramifications contenues dans la fibre musculaire même sont creuses ou non. Le chromate d'argent ne permet pas, en effet, de voir facilement la lumière de ces petites ramifications trachéennes.

Veratti [2] (1902), se servant de la même méthode d'imprégnation, a conclu que les trachées ne traversent pas le sarcolemme.

Sanchez [3] (1907) trouve la même disposition que celle décrite par Cajal, et il ne croit pas que les divisions envoyées par les trachées dans les fibres musculaires soient tubulées.

Holmgren [4] (1907) a employé aussi la méthode d'imprégnation de Golgi, et il arrive à la conclusion que les trachées se terminent dans les cellules conjonctives qui

(1) R. Cajal, *Coloration par la méthode de Golgi des terminaisons des trachées et des nerfs dans les muscles des ailes des insectes* (*Zeitsch. f. Wissensch. Mikrosk. u. Mikrosk. Technik*, 1894, B. VII, p. 332).

(2) Veratti, *Sur la fine structure des fibres musculaires striées* (*Arch. ital. de Biologie*, t. XXXVII, 1902, p. 449).

(3) D. Sanchez, *L'appareil réticulaire de Cajal-Fusari des muscles striés* (*Travaux du laboratoire de recherches biologiques de l'Université de Madrid*, t. V, 1907, p. 155).

(4) E. Holmgren, *Ueber die Trophospongien der quergestreiften Muskelnfasern nebst Bemerkungen über den Allgemeine Bau dieses Fasern* (*Arch. f. mikrosk. Anat.*, B. VII *i*, 1907, p. 165).

entourent les fibres musculaires. Ces cellules (*trachealen Endzellen*) donneraient à leur tour des ramifications tubuleuses qui pénètrent dans la fibre musculaire et qui se transforment, après un court trajet, en filaments pleins, logés entre les colonnettes musculaires (*binnenzelligen Fadennetze*). Ce sont des trophosponges d'après cet auteur.

Prenant [1] (1911) conclut de ses études sur les cellules musculaires de l'Œstre, que les trachées tubuleuses ne dépassent guère le sarcolemme.

En poursuivant nos recherches sur l'association des éléments contractiles et conjonctivo-élastiques dans les muscles lisses et striés, nous avons été amenés à étudier aussi les muscles des insectes. Nous nous sommes servi, dans cette étude comme dans les précédentes [2], de l'imprégnation par le nitrate d'argent réduit, suivant la méthode de Cajal; nous avons employé aussi la méthode de Golgi. Nos recherches ont porté sur les muscles des ailes et des pattes de l'Hydrophile.

A. *Muscles des ailes*. — Les branches trachéennes ou trachéoles abordent la fibre musculaire en de nombreux points. Arrivées sous le sarcolemme, elles se divisent en un grand nombre de capillaires, qui pénètrent entre les colonnettes de la fibre musculaire et se disposent les uns parallèlement à la direction de ces colonnettes, d'autres transversalement à cette direction. Sur la coupe longitudinale de la fibre musculaire (*fig.* 1), on voit bien que l'espace entre deux colonnettes contractiles est occupé par un capillaire aérien dont le diamètre est approximativement de $0^{mm},001$.

Cette préparation a été obtenue au moyen de l'imprégnation par le nitrate d'argent réduit et virage des coupes par le chlorure d'or. Le chlorure d'or, s'il agit modérément, enlève une bonne partie du dépôt d'argent et rend la lumière du capillaire aérien très visible.

En examinant un plan supérieur de la même préparation, on voit que l'espace, entre les colonnettes contractiles, est occupé par des petits cercles noirs (*fig.* 2) qui ne sont autre chose que la section transversale des capil-

(1) A. Prenant, *Problèmes cytologiques généraux soulevés par l'étude des cellules musculaires* (*Journal d'Anatomie et de Physiologie*, 1911, t. XLVII, p. 601).

(2) J. Athanasiu et J. Dragoiu, *Association des éléments élastiques et contractiles dans les muscles lisses et striés des mammifères* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 551). — Ibid., *Annales de Biol*,. t. I, 1911, p. 105. — Ibid., *Association des éléments conjonctivo-élastiques et contractiles dans le myocarde des Mammifères*. (*Comptes rendus Soc. de Biol.*, t. LXX, 1910, p. 558). — Ibid., *Association des éléments conjonctivo-élastiques et contractiles dans le myocarde des Grenouilles* (*Comptes rendus Soc. de Biol.*, t. LXX, 1912, p. 601).

laires aériens, dont la direction est perpendiculaire sur celle des colonnettes. Ces capillaires sont généralement au niveau de la strie de Hensen (membrane M) du disque sombre. Chacun de ces disques se trouve par conséquent en rapport, sur deux de ses faces, avec les capillaires longitudinaux et, sur les deux autres, avec les capillaires transversaux.

Quand on voit, sur les préparations bien imprégnées, l'extraordinaire



Fig. 1. — Coupe longitudinale de la fibre musculaire des ailes. Imprégnation par le nitrate d'argent réduit et virage par le chlorure d'or. Obj. immers. et oc. 4. Reichert. Section longitudinale des capillaires aériens.

Fig. 2. — Un plan différent de la même préparation dans lequel on voit la section des capillaires aériens disposés transversalement à la direction des colonnettes musculaires.

richesse en capillaires aériens des fibres musculaires des ailes, on comprend parfaitement bien la disposition en colonnettes de la substance contractile de ces fibres. Les espaces, que tous les histologistes ont décrit de ces colonnettes, ne sont pas remplis avec du sarcoplasma seulement, mais aussi avec des capillaires aériens.

Ces capillaires entretiennent certains rapports avec les colonnettes contractiles. Ainsi on peut voir sur la figure 1 de minces filaments qui relient la paroi des capillaires aux disques sombres, vers le milieu de ceux-ci où existe un corpuscule un peu plus gros que le filament. De pareils corpus-

cules se trouvent aussi sur les parois des capillaires aériens. Si l'on poursuit l'orientation de ces filaments, on voit qu'ils traversent le disque sombre et correspondent à la membrane M ou la strie de Hensen, ainsi que cela a été déjà vu par Cajal, Veratti et Holmgren. Ces filaments sont beaucoup plus visibles sur les préparations par la méthode de Golgi. Les trachéoles donnent, avant de traverser le sarcolemme, de nombreux capillaires aériens aux cellules conjonctives qui se trouvent à la surface de la fibre musculaire.

Tous ces détails ne peuvent pas être vus sur les préparations par la méthode de Golgi, et c'est là qu'il faut chercher la cause de l'erreur de Holmgren, qui a prétendu que les trachéoles se terminent dans ces cellules tropho-spongiales.

B. *Muscles des pattes.* — Ni par la méthode de Cajal ni par celle de Golgi, nous n'avons pu trouver de capillaires aériens dans les fibres musculaires des pattes de l'hydrophile. Ces capillaires s'arrêtent ici dans le sarcolemme, qui est beaucoup plus apparent que dans les muscles des ailes.

La distribution des capillaires aériens dans les fibres musculaires des ailes et leur absence dans celles des pattes se comprennent aisément si l'on tient compte du travail que ces deux sortes de muscles doivent fournir pendant leur fonctionnement. Les muscles des ailes ont à développer une puissance considérable, surtout chez les espèces d'insectes dont les coups d'ailes sont très nombreux dans l'unité de temps. De là le besoin de beaucoup d'oxygène, et par conséquent d'une ventilation parfaite dans la substance contractile de la fibre musculaire.

La puissance développée par les muscles des pattes étant au contraire beaucoup plus réduite, les capillaires aériens s'arrêtent dans le sarcolemme et l'oxygène qu'ils apportent est suffisant pour la substance contractile des fibres musculaires.

MICROBIOLOGIE. — *De l'action des poisons diffusibles du bacille de Koch sur les tissus normaux.* Note de MM. **H. Dominici** et **Ostrovsky**, présentée par M. E. Roux.

Nous résumons dans cette Note quelques résultats des recherches que nous avons entreprises sur l'action des poisons diffusibles du bacille de Koch sur les tissus normaux.

Les produits que nous avons expérimentés ont été obtenus au moyen d'une technique innovée par l'un de nous (Ostrovsky), consistant en traitements variés de bacilles cultivés sur bouillon non additionné de peptone du commerce.

1° Macération, dans l'eau distillée à 42°, de bacilles vivants, traités à l'éther sulfurique pur, puis lavés de manière à enlever toutes traces de bouillon de culture. Le liquide filtré sur bougie Chamberland est une solution aqueuse de substances protéiques, les unes dialysables, les autres à l'état colloïdal.

2° Macération dans l'eau distillée à 70° de bacilles préalablement lavés, après avoir été soumis au traitement par l'éther sulfurique. Le liquide filtré, concentré au $\frac{1}{10}$, fut soumis à la dialyse, de manière à pouvoir utiliser séparément les substances dialysables et les substances colloïdales.

3° La macération à l'eau distillée de bacilles provenant de culture chauffée à 100°, ayant servi à l'extraction de la tuberculine. Chacun de ces produits, filtré à la bougie Chamberland, fut injecté à la dose de 1^{cm^3} dans le tissu cellulaire de cobayes.

1° Avec l'extrait de corps bacillaires chauffés à 42°, on détermine l'apparition à distance du lieu d'inoculation des lésions les plus caractéristiques de la tuberculose; tubercules à évolution scléreuse ou caséeuse, sclérose dystrophique, nécrose sèche ou liquéfiante, caséification. Ces lésions se développèrent dans les organes les plus différents, tels que le poumon, le foie, la rate, les ganglions lymphatiques, etc.

2° L'injection de l'extrait des corps bacillaires chauffés à 70° fut suivie de phénomènes réactionnels multiples, avec prédominance de l'hyperplasie cellulaire dans le poumon, le foie, la rate et les autres organes à structure lymphoïde. Aux phénomènes réactionnels correspondant à la mise en jeu des substances dialysables s'adjoignirent des lésions de nécrose minime et disséminée qui firent défaut quand on utilisa des substances colloïdales.

3° Avec les extraits de bacilles chauffés à 100°, les modifications histologiques furent localisées au foyer d'inoculation.

La théorie la plus accréditée, à l'égard de la pathogénie des lésions causées par le bacille de Koch, se résume dans les propositions suivantes :

1° Les dégénérescences tuberculeuses et scléreuses, les phénomènes de nécrose et de caséification dus au bacille de Koch procèdent exclusivement des matières adipo-cireuses du virus;

2° Ces lésions sont localisées au siège des matières adipo-cireuses en raison de l'indissolubilité de ces produits.

Ces deux propositions comportent un corollaire, à savoir : qui est l'impossibilité de déterminer, au moyen des substances protéiques diffusibles du bacille, des lésions tuberculeuses, scléreuses, nécrotiques, caséeuses, soit localement, soit à distance du foyer d'inoculation.

Nos expériences infirment cette théorie, puisqu'elles démontrent la formation des lésions en question dans les organes les plus variés après une injection unique dans le tissu cellulaire sous-cutané des substances protéiques issues du corps bacillaire.

Nous continuons ces recherches avec la collaboration de MM. Bader et Faivre, en utilisant des produits du corps bacillaire à réactions chimiques définies. Les résultats de ces expériences confirment ceux qui viennent d'être signalés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence comparée du zinc, du cadmium et du glucinium sur la croissance de quelques Hyphomycètes.* Note de M. **M. Javillier** et Mme **H. Tchernoroutzky**, présentée par M. E. Roux.

Le zinc, à très petites doses, favorise considérablement la croissance de l'*Aspergillus niger ;* aucun élément ne le remplace parfaitement; aucun n'est, vis-à-vis de l'*Aspergillus*, un aussi puissant catalyseur; seul le cadmium présente avec le zinc une certaine analogie d'action (1).

Pour apprécier quelle est, parmi les Champignons inférieurs, la généralité de ces faits, nous avons examiné l'influence du zinc sur la croissance de quelques autres Hyphomycètes et comparé tout d'abord à celle-ci, celle de deux autres éléments, le cadmium et le glucinium. Nous avons expérimenté avec les espèces suivantes : *Pœcilomyces Varioti*, *Penicillium glaucum*, *Penicillium caseicolum*.

Ces moisissures étaient cultivées, en cultures pures, dans de petits matras, sur un milieu dont la composition était sensiblement celle du milieu Raulin, et qui était additionné, dans chaque série d'expériences, des quantités opportunes des sels à étudier. Toutes précautions utiles étaient prises pour éviter l'introduction involontaire, par l'eau, les substances

(1) Voir, entre autres publications : M. Javillier, *Recherches sur la substitution au zinc de divers éléments chimiques pour la culture de l'Aspergillus niger* (*Sterigmatocystis nigra* V. Tgh.) (*Bull. d. Sc. pharmacologiques*, t. XX, 1913, p. 321).

nutritives, ou le verre des matras, des substances dont on voulait comparer l'action (1).

1° *Pœcilomyces Varioti.* — On a cultivé cette moisissure à 33°. On a suspendu les cultures après des temps variables de séjour à l'étuve. Les nombres consignés ci-dessous sont, en milligrammes, les moyennes des poids secs des récoltes. Nous avons expérimenté d'autres dilutions que celles qui figurent sur ce Tableau, de plus grandes, de plus petites et d'intermédiaires; il est impossible d'allonger ici les colonnes de chiffres; les nombres que nous donnons suffisent à fournir une idée nette des faits.

Nos d'ordre des expériences	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Age des cultures	3 j.	4 j.	4 j.	5 j.	5 j.	5 j.	5 j.	5 j.	13 j.
Cultures témoins (sans Zn, ni Cd, ni Gl)	67	86	51	50	81	94	51	98	74
Cultures sur 1/100000000 Zn	131	121	»	»	»	»	»	»	»
1/10000000	529	326	»	349	»	»	»	»	»
1/5000000	»	»	»	396	375	»	»	»	»
1/1000000	679	450	»	425	453	»	»	»	»
1/500000	»	»	448	358	460	432	»	301	402
1/100000	»	»	321	»	»	423	»	»	390
1/50000	»	»	323	»	»	413	»	»	384
1/10000	»	»	»	»	»	427	»	»	»
1/5000	»	»	»	»	»	420	»	»	»
Cultures sur 1/100000000 Cd	112	100	»	71	»	»	»	»	»
1/10000000	211	132	»	100	»	»	66	»	»
1/1000000	241	154	»	88	»	»	85	»	»
1/500000	»	»	98	104	»	»	108	»	»
1/100000	»	»	162	143	»	»	142	165	384
1/50000	»	»	191	»	»	226	198	187	381
1/25000	»	»	»	»	»	257	»	168	»
1/10000	»	»	»	»	»	216	»	140	»
1/5000	»	»	»	»	»	133	»	114	»
Cultures sur 1/10000000 Gl	»	68	»	48	»	»	»	»	»
1/1000000	115	79	47	43	»	»	»	»	»
1/500000	»	»	»	48	»	»	»	»	69
1/100000	»	»	45	52	»	»	»	»	»
1/50000	»	»	»	»	»	»	»	»	95
1/10000	»	»	»	52	»	85	»	»	»
1/5000	»	»	»	»	»	97	»	»	»

On voit que, dans les circonstances expérimentales adoptées, l'introduction du zinc

(1) Il est entendu que nous ne nous occuperons dans cette Note que de la *croissance*, nous ne dirons rien de la *reproduction conidienne*, du *cycle évolutif*.

a accru dans d'importantes proportions le poids de plante produit dans un temps donné. Un cent-millionième de zinc a déjà une influence marquée.

L'optimum d'action du catalyseur est compris dans une zone très large allant du millionième au delà du cinq-millième. Les récoltes sont alors multipliées par un coefficient égal à 5, 8 et même 10.

Le cadmium est pour ce *Pœcilomyces* un catalyseur inférieur au zinc. Dans le même temps et à dilutions égales, les poids de matière construite sont, en présence du cadmium, plus petits qu'en présence de zinc. Si l'on prolonge l'expérience un temps suffisamment long, le cadmium permet toutefois d'obtenir des récoltes de poids très voisins des récoltes sur zinc.

Le glucinium n'a qu'une influence très limitée, négligeable, sur le poids des récoltes. Il ne saurait en aucune façon suppléer le zinc.

2° *Penicillium caseicolum* et *Penicillium glaucum*. — Nous avons cultivé ces deux espèces à la température constante de 25°.

	Penicillium caseicolum.				*Penicillium glaucum.*				
Nos d'ordre des expériences	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	V.
Age des cultures	8 j.	10 j.	19 j.	21 j.	5 j.	6 j.	6 j.	12 j.	21 j.
Cultures témoins (sans Zn, ni Cd, ni Gl)	71	57	118	116	71	62	64	109	201
Cultures sur 1/100000000 Zn...	152	84	»	260	»	122	»	»	»
1/10000000 ...	310	343	»	439	»	467	»	»	»
1/1000000 ...	450	451	618	»	473	539	»	518	»
1/100000 ...	»	574	»	»	451	579	590	513	»
1/10000 ...	»	509	»	452	420	»	457	522	»
Cultures sur 1/100000000 Cd...	158	74	177	138	52	»	163	84	161
1/50000000 ...	»	»	222	»	60	»	123	104	113
1/10000000 ...	185	96	507	318	»	43	127	»	»
1/1000000 ...	158	73	»	178	»	40	»	»	»
1/100000 ...	»	60	»	258	»	41	»	»	»
1/10000 ...	»	22	»	62	»	»	»	»	»
Cultures sur 1/100000000 ...	88	50	»	76	»	»	»	»	»
1/10000000 ...	111	49	»	97	»	65	»	»	»
1/1000000 ...	106	54	»	103	59	73	»	133	208
1/100000 ...	»	55	»	99	60	79	148	113	181
1/10000 ...	»	30	»	92	»	»	145	»	»

Avec les deux *Penicillium*. le zinc a multiplié le poids des récoltes par des facteurs élevés (jusqu'à 10). Il manifeste son action à des doses inférieures au cent-millionième. Il est si peu toxique, qu'il donne encore d'appréciables récoltes en présence de $\frac{1}{1000}$ de cet élément.

Le cadmium active également la croissance de *Penicillium caseicolum*; à la dilution optima, voisine de un dix-millionième, il quintuple les récoltes; il manifeste son action dès une dilution extrêmement grande (1 cinq-milliardième), mais il est

beaucoup plus toxique que le zinc : sur 1 cent-millième de ce métal, les récoltes de *Pen. caseicolum* baissent, et sur 1 millième il n'y a plus de récolte du tout.

Chose curieuse, le cadmium, à doses très faibles (1 cent-millionième au moins), n'a pas exercé une action bien marquée sur *Pen. glaucum*, et, dès qu'on a élevé la dose, il est devenu très toxique.

Le glucinium n'a pas augmenté les récoltes ou ne l'a fait que dans des proportions insignifiantes.

Ce qu'il y a d'essentiel dans les faits que nous venons de rapporter, c'est, *en ce qui concerne le zinc*, son évidente supériorité comme catalyseur biologique dans les trois cas examinés; son influence marquée à des doses (1 cent-millionième et moins) où elle est tout juste décelable avec l'*Aspergillus niger;* sa toxicité relativement faible. *En ce qui concerne le cadmium*, une certaine similitude entre son action et celle du zinc, atténuée par une beaucoup plus grande toxicité; l'activité faible ou nulle dont il a fait preuve dans un cas. *En ce qui concerne le glucinium*, une presque complète inactivité.

Dans leur ensemble, ces faits concordent avec ceux que l'un de nous a constatés sur *Sterigmatocystis nigra;* ceux-ci présentent donc une certaine généralité. Dans le détail, ils offrent cependant quelques différences, même lorsque l'on considère des espèces très voisines, de même nom générique par exemple ([1]). Nos observations restent aussi d'accord avec cette idée que dans les actes biochimiques où interviennent, à titre de catalyseurs, des éléments minéraux, ceux-ci ne peuvent se remplacer les uns les autres d'une façon quasiment indifférente, mais que les substitutions, imparfaites quand elles sont possibles, paraissent liées à l'analogie chimique des éléments envisagés.

GÉOLOGIE. — *Les dislocations et les filons de quartz améthyste du Livradois. L'ancienne extension du bassin houiller de Brassac.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Les monts du Livradois constituent cette région de formations anciennes et granitiques qui domine les vallées de l'Allier et de la Dore, depuis les environs de Brioude, Brassac, Issoire, Ambert et Arlanc, et dont le faîte fortement bossué, et soudé à la région forézienne, s'élève jusqu'à l'altitude

([1]) C'est le cas pour les deux *Penicillium* ci-dessus; c'est le cas aussi pour différentes espèces de *Sterigmatocystis* dont nous avons commencé l'étude.

de 1200^{m}. Les flancs de ce territoire s'ennoient entre 300^{m} et 400^{m} sous les sédiments tertiaires de la Limagne, au milieu desquels ils forment comme une presqu'île.

La partie septentrionale et occidentale du Livradois est accidentée par deux systèmes principaux de dislocations, qui se croisent à angle droit en plusieurs points.

I. Les unes, de direction générale N.-O., sont des fractures *posthercyniennes* (permotriasiques) ayant amené l'effondrement, en plein cœur du Livradois, d'une enclave de Houiller (petit bassin de Fressanges), distante de 4^{km},5 seulement du lambeau de Jumeaux, également effondré, qui se rattache étroitement au bassin de Brassac. Il ne paraît pas douteux, ainsi que le pensait Dorlhac, que le lambeau de Fressanges n'ait fait partie du bassin houiller de Brassac, jadis plus étendu vers l'Est. Ce sont les mouvements posthercyniens et tertiaires qui ont profondément disloqué ce dernier, beaucoup plus complexe qu'on ne le supposait jusqu'ici, comme je le montrerai ailleurs.

Les failles qui délimitent, au Nord et au Sud, l'enclave de Fressanges, et font buter le Houiller contre le granite et le gneiss, sont fort intéressantes, car elles se continuent par des *fractures minéralisées*, parallèles à une série de fractures semblables, également minéralisées. Ces fractures sont marquées par des *filons* de *quartz améthyste* (Voirat, Guéry, La Chapelle-sur-Usson, Champagnat-le-Jeune, etc.), d'*hématite* (Esteil) et de *plomb argentifère* (La Brugère).

Les filons d'améthyste, exploités pour la joaillerie sous le noms de « Pierres d'Auvergne », font partie d'une *zone améthysée* du Livradois, qui comprend plus de 25 filons, généralement N.-O., dont l'épaisseur dépasse plusieurs mètres et la longueur 2^{km}. Ces filons, qui renferment parfois des géodes énormes, sont limités au territoire compris entre Saint-Germain-l'Herm, Saint-Étienne-sur-Usson, Bansat (Puy-de-Dôme), Saint-Jean et Vézezoux (Haute-Loire). Les cristaux d'améthyste, étudiés par M. Lacroix (*Minéralogie de la France et de ses Colonies*), offrent souvent des zones violettes alternant avec du quartz blanc laiteux ou de la calcédoine, indiquant les variations de composition des sources siliceuses qui ont déposé ces minéraux. Ces derniers sont parfois associés à du quartz jaspoïde, à la galène et au mispickel aurifère.

II. Les autres dislocations, de *direction NNE*, rarement N.-O., qui ont intéressé l'Oligocène, sont d'âge *miopliocène* et en relation évidente, ainsi que je l'avais déjà signalé, avec les éruptions de basalte, de téphrite et de phonolite, du Livradois et de la Comté.

Ces fractures, qui atteignent jusqu'à 25^{km} de long, délimitent une série de voussoirs allongés de même direction, dans lesquels l'Oligocène est

enfoncé au milieu des formations cristallines, ou *surélevé* jusqu'à 800m d'altitude.

Ainsi ont pris naissance de *longs couloirs d'effondrement*, remplis de matériaux meubles (argiles sableuses) déblayés en partie par l'érosion (couloirs d'Estandeuil, Sugères, Sauxillanges, Brenat, Champagnat-le-Jeune), dominés par des voussoirs exhaussés de même direction, qui ont *modifié l'hydrographie de la région* et ont conservé parfois des restes de leur manteau oligocène primitif à la faveur de leur recouvrement par des coulées basaltiques. Ces *buttes-témoins* (Esteil, Manglieu, etc.) contribuent dans une large mesure au pittoresque du Livradois.

J'ai reconnu que les formations lacustres oligocènes avaient recouvert la presque totalité de la bordure septentrionale et occidentale du Livradois, jusqu'à Saint-Étienne-sur-Usson, Champagnat-le-Jeune, Église-Neuve-des-Liards, c'est-à-dire jusqu'au pied des hauteurs actuelles du Livradois. J'ai même pu reconstituer une partie de la *pénéplaine antéoligocène* (fortement rubéfiée et souvent indiquée par des formations latéritiques) qui a été *exhumée, disséquée* par l'érosion jusqu'à 800m d'altitude et *déformée* par les mouvements du sol.

Un détail à signaler est l'existence, au-dessus des argiles ferrugineuses de l'Oligocène, d'un poudingue à nombreux galets de quartz améthyste provenant de la région précitée, et affleurant entre Bansat et Auzat-sur-Allier.

En résumé, les monts du Livradois présentent deux systèmes principaux de dislocations : les unes postoligocènes, souvent volcaniques, rappellent celles qui intéressent les bassins tertiaires, comme la Limagne; les autres *permotriasiques*, parfois très *minéralisées*, sont analogues à celles du Forez, du Beaujolais, du Morvan, etc.

J'ai également observé, en plusieurs points, des *roches écrasées*, probablement antéstéphaniennes, rappelant celles qui ont fait l'objet d'études de MM. Termier, Friedel et Grandjean, et, plus récemment, de MM. Mouret, De Launay et A. Michel-Lévy, dans diverses régions du Massif Central.

PALÉONTOLOGIE. — *Nouvelles découvertes paléontologiques dans l'Aquitanien supérieur des environs de Laugnac (Lot-et-Garonne).* Note de M. **G. Vasseur**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous avons signalé, l'an dernier, à l'Académie (1), la découverte d'un gisement de Vertébrés, appartenant à l'Aquitanien supérieur et situé dans

(1) *Comptes rendus*, t. 155, p. 987 et 1118.

les environs de Laugnac (ferme de Marcel) (¹), à 7km au nord d'Agen. Les résultats des recherches que nous avons poursuivies en cet endroit (²) confirment entièrement les conclusions de nos premières Notes.

La faune de Marcel, qui se composait, en 1912, d'une vingtaine d'espèces, en comprend aujourd'hui 34, mentionnées dans la liste suivante (³) :

MAMMIFÈRES. — POLYPROTODONTES-DIDELPHYIDÆ : *Amphiperatherium lemanense* Filh.*. Maxillaire inférieur droit avec $p^1 - p^3$, $m^1 - m^4$.

RONGEURS : *Steneofiber viciacensis* P. Gerv.*. Mandibule presque entière; maxillaire inférieur et portion de squelette. *Titanomys visenoviensis* H. v. Mey.*. Plusieurs maxillaires. *Mus gerandianus* (?) P. Gerv. (*Cricetodon* in Schlosser).*+.

Maxillaire supérieur se rapportant très probablement à cette espèce de Saint-Gérand, Ulm et Weisenau.

CARNASSIERS-CANIDÆ : *Amphicyon lemanensis* Pom.*+. *Amphicyon ambiguus* Filh.*. *Amphicyon major* de Blainv.*+.

Portion de maxillaire supérieur droit avec la carnassière et les deux premières tuberculeuses; première tuberculeuse gauche; trois canines. Notre espèce se rapporte probablement à *A. crassidens* de Saint-Gérand, distingué par Pomel, mais réuni par Filhol à *A. major* du Miocène.

Canidæ indéterminé. Molaire supérieure (deuxième tuberculeuse).

MUSTELIDÆ : *Mustela mustelina* Pom. sp.*.

Plesiotis lemanensis Pom. *+.

Genre indéterminé, voisin de *Lutriotis* et de *Lutra* +. Deux fémurs.

VIVERRIDÆ : *Herpestes* nov. sp., voisine de *H. antiquus* Pom. *Herpestes* nov. sp. ayant quelques rapports avec *H. lemanensis* Pom.

FELIDÆ : *Proælurus lemanensis* Filh. * +. Deux maxillaires.

Genre indéterminé, voisin de *Proælurus* +. Carnassière inférieure.

PÉRISSODACTYLES-RHINOCEROTIDÆ : *Aceratherium lemanense* Pom.

Nous avons retrouvé, de cette espèce, une cinquième tête entière, un maxillaire inférieur et de nombreux os de pieds.

(¹) La ferme de Marcel appartient à M. Gustave Gaubert.

(²) Les fouilles ont été continuées en 1913, grâce à une subvention du Ministère, accordée par la *Commission de la Caisse des recherches scientifiques*.

(³) Les espèces marquées d'un astérisque font partie de la faune de Saint-Gérand-le-Puy (Limagne). Le signe + indique les formes nouvelles pour le gisement.

Sur deux crânes d'individus adultes, nous observons, à la partie antérieure du nez, des rugosités très accusées, ayant servi à l'insertion d'une corne ou d'une protubérance cornée.

D'après un renseignement de M. Depéret, M. Osborn a fait une constatation semblable sur l'*Aceratherium incisivum* du Miocène d'Eppelsheim (musée de Darmstadt).

Genre indéterminé de *Rhinocerotidæ* à doigts grêles. Métacarpiens latéraux; astragales et scaphoïdes.

ARTIODACTYLES-SUIDÆ : *Palæochærus typus* Pom.*. *Palæocherus* cf. *Meisneri*. H. v. Mey.

Très commune dans le gisement, cette espèce nous a fourni une mandibule présentant, du côté gauche, la canine recourbée, comme chez le sanglier; cette dent n'avait pas encore été trouvée en place. Un crâne presque entier a été découvert dans le calcaire qui recouvre la marne fossilifère.

Hyotherium nov. sp. Mandibule avec ses molaires.

ANOPLOTHERIDÆ : *Cœnotherium Geoffroyi* Pom.*. *Cœnotherium* sp., de la taille de *C. commune* +.

CERVULIDÆ : *Amphitragulus Gaudryi* nob.; *Amphitragulus* nov. sp.
Dremotherium Feignouxi (?) E. Geoffr. *.

OISEAUX indéterminés (phalanges unguéales).

REPTILES. — CROCODILIENS-ALLIGATORIDÆ : *Diplocynodon Rateli* (?) Pom.*.
Diplocynodon gracile Vaillant. Crâne et mandibule.
Crocodilien indéterminé +. Dent de très grande dimension.

LACERTIENS : *Lacerta* sp. +. Nombreux maxillaires.

CHÉLONIENS : *Testudo* sp.; peut-être *T. eurysternum* Pom. de Saint-Gérand.
Ptychogaster emydoides Pom. * +. Carapace presque entière.
Genre indéterminé, ayant beaucoup d'affinités avec les Tortues marines du genre *Chelone*.

Plaques costales avec prolongement de la côte et surface non vermiculée. Plaques du plastron à bords découpés indiquant l'existence de la fontanelle médiane.

BATRACIENS ANOURES. — Nombreux restes indéterminés.

Dans cette faune, les Mammifères sont au nombre de 25; 17 espèces de Vertébrés se retrouvent à Saint-Gérand-le-Puy.

Extension du gisement. — Nous avons déjà indiqué (1) qu'à $3^{km},5$ à l'ouest-sud-ouest de Marcel (La Pastoure), le *calcaire gris de l'Agenais* renferme des ossements (*Palæochœrus*, etc.). Nos dernières recherches ont établi que le niveau fossilifère de Marcel *se continue* également *sous le plateau de Laugnac* et reparaît au nord vers Nicot, à $2^{km},250$ du lieu de nos fouilles (*Aceratherium*, *Amphitragulus*, etc.). On peut encore suivre la même couche à partir de Nicot jusqu'à 800^{m} à l'ouest de ce dernier point (Guillemont); enfin, nous devons à M. Gustave Gaubert la connaissance de deux autres gisements appartenant au *calcaire gris* et situés près de Laugerie et de Saint-Médard, à $7^{km},300$ au nord-ouest de Marcel.

Les observations précédentes montrent que, dans les environs de Laugnac, l'Aquitanien supérieur se fait remarquer par son étonnante richesse en restes de Vertébrés; elles laissent entrevoir tout le parti que la Paléontologie pourra tirer un jour de la découverte de cette région fossilifère (2).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le troisième trimestre* 1913. Note de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. B. Baillaud.

Deux lignes de tramways électriques passant, l'une à 1^{km} à l'est, l'autre à 2^{km} au nord-ouest de l'Observatoire, rendent presque impossible les mesures absolues : la composante verticale est, par suite, toujours en mouvement et l'on ne peut songer qu'à obtenir l'allure de ses très fortes perturbations; il en est de même de la composante horizontale. Pour avoir une image lisible et assez calme, on est entraîné à donner au bifilaire enregistreur de la composante horizontale un très fort couple de torsion.

Seul, le déclinomètre est peu influencé par ce voisinage et nous permet d'obtenir des mesures des variations dela déclinaison : nous en publions ci-dessous les résultats.

Pour les Tableaux, nous avons adopté l'échelle ordinaire du Bureau Central météorologique, échelle que nous employons dans les publications de la *Météorologie lyonnaise*.

(1) *Comptes rendus*, t. 155.

(2) Les fouilles de Marcel ont été exécutées avec une très grande habileté par M. Doumens, employé de notre laboratoire à la Faculté des Sciences de Marseille.

0...... Jours calmes.
1...... » avec oscillations très faibles (1′ à 3′).
2...... » » faibles (3′ à 7′).
3...... » avec perturbations assez fortes (7′ à 15′).
4...... » » fortes (15′ à 30′).
5...... » » très fortes (< 30′).

De plus, pour faciliter la lecture, nous mettons la date du jour considéré dans la colonne indiquant la grandeur de la perturbation : cette disposition est employée depuis de nombreuses années pour nos dépouillements et permet un examen rapide des résultats.

Juillet.					Août.					Septembre.				
0.	1.	2.	3.	4.	0.	1.	2.	3.	4.	0.	1.	2.	3.	4.
			1		1						1			
	2					2					2			
3					3							3		
4						4					4			
	5					5					5			
6					6								6	
7						7							7	
8					8								8	
9						9							9	
10							10					10		
11							11					11		
			12				12					12		
		13						13			13			
	14							14			14			
	15					15					15			
	16						16			16				
17						17					17			
18							18				18			
19							19				19			
			20			20						20		
21					21						21			
	22					22						22		
		23					23						23	
24					24						24			
		25				25						25		
26					26						26			
27					27						27			
28						28					28			
	29				29					29				
	30				30						30			
	31					31								

Il résulte de ces observations qu'au cours du troisième trimestre de 1913 les perturbations de la déclinaison magnétique, quoique faibles, vont en augmentant progressivement d'intensité; le minimum ayant vraisemblablement eu lieu à Saint-Genis-Laval, en juin 1913.

En effet, voici le nombre des perturbations trouvées :

	Juillet.	Août.	Septembre.
De 3′ à 7′	3	7	7
Supérieures à 7′	6	2	6
Au total supérieures à 3′	9	9	13

Y a-t-il une relation entre cette recrudescence du nombre des perturbations notables et la reprise d'activité du Soleil après son minimum ?

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 13 octobre 1913.)

Note de MM. *M. Tomassetti* et *F.-S. Zarlatti*, Le problème des deux corps de masses variables :

Page 581, formule (4), *lire* $r_t(\theta) =$.
Même page, ligne 14, *au lieu de* (4), *lire* (3).
Page 582, formule (6), *lire*

$$(6)\quad r(t) = \frac{\dfrac{c^2}{\mu(t)}}{1 + \dfrac{1}{\mu(t)}\left[e(t_0)\mu(t_0) - \displaystyle\int_{t_0}^{t} \mu'(\tau)\cos\vartheta(\tau)\,d\tau\right]\cos\vartheta(t)} = \frac{p(t)}{1 + e(t)\cos\vartheta(t)}.$$

(Séance du 24 novembre 1913.)

Note de MM. *Arthur-L. Day* et *E.-S. Shepherd*, Conclusions à tirer de l'analyse des gaz du cratère du Kilauea :

Page 1030, ligne 1, *au lieu de* $H^2 + CO^2 = CO + H^2O$, *lire* $H^2 + CO^2 \rightleftharpoons CO + H^2O$.

Note de M. *Lucien Daniel*, Un nouvel hybride de greffe :

Page 996, ligne 5 en remontant, *au lieu de* au-dessus, *lire* au-dessous.

(Séance du 1er décembre 1913.)

Note de M. *A. Demoulin*, Sur une propriété caractéristique des familles de Lamé :

Page 1051, ligne 2, *au lieu de* celles, *lire* celle.
Même page, ligne 5, *au lieu de*

$$A^2 du^2 + C^2 dv^2 + (A\xi_2 + C\varphi\eta_2)\,d\rho_2 = 0,$$

lire

$$A^2 du + C^2 \varphi\, dv + (A\xi_2 + C\varphi\eta_2)\,d\rho_2 = 0.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1913.

PRÉSIDÉE PAR M. FÉLIX GUYON

En ouvrant la séance, M. **Félix Guyon** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Le Président en exercice a mission, le jour de notre séance annuelle, de maintenir une tradition. Avant de franchir le seuil de l'année nouvelle, l'Académie veut être rattachée à ceux qu'elle vient de perdre. Elle affirme ainsi la pérennité des sentiments qui unissent, les uns aux autres, ceux que rassemble la culture du haut savoir.

Le mercredi, 8 janvier, l'Académie rendait les derniers devoirs à deux de ses membres. Elle avait presque simultanément perdu Léon Teisserenc de Bort et Louis Cailletet.

Les deux savants que la mort venait de réunir offraient plus d'une analogie. L'un et l'autre se sentaient attirés par les longues et difficiles recherches. Des problèmes posés, mais non encore résolus, sollicitaient leur attention et mettaient en éveil leurs remarquables aptitudes aux inventions. Leur situation était indépendante. Ils pouvaient ne pas trop compter avec les difficultés pécuniaires, ni beaucoup redouter les obstacles qui, parfois, limitent la liberté d'action. Ils voulaient chercher et suivirent leurs tendances.

Léon Teisserenc de Bort, né à Paris le 6 novembre 1855, décédé à Cannes le 2 janvier 1913, avait été élu le 14 novembre 1910 dans la Section des Membres libres, en remplacement du mathématicien Eugène Rouché. Il siégea peu de temps parmi nous; il avait été présenté aux suffrages de l'Académie par Louis Cailletet.

Entré au Bureau Central météorologique lors de sa fondation, Teisserenc de Bort devenait, en 1880, chef du service de la Météorologie générale. Il le dirigea jusqu'en 1892. Il quitta ses fonctions pour se livrer à des recherches toutes nouvelles.

Il voulait rendre possible, méthodique, régulière et scientifique l'exploration de la haute atmosphère, se servir pour arriver à ce résultat d'appareils enregistreurs, avoir pour point d'appui une organisation appropriée.

C'était une création tout entière. Il n'hésita pas. Ce fut avec ses propres moyens qu'il l'entreprit.

Des ballons, porteurs d'appareils enregistreurs d'une étonnante précision, furent ses agents d'exploration. Il les imagina et les construisit; ils ont été dénommés *ballons sondes*. Cette appellation très appropriée définit leur usage. Un centre d'études lui étant nécessaire, Teisserenc de Bort édifia, en 1896, le laboratoire de Trappes. Ce fut là qu'il installa ce qu'il est légitime d'appeler le *laboratoire météorologique de la haute atmosphère*.

Il avait pour objectif la réalisation d'observations simultanées, dont Le Verrier avait démontré la nécessité et la grande utilité pour l'étude des variations atmosphériques juxta-terrestres. Notre Confrère avait pu, à la fois, constater leurs très grands services et reconnaître qu'elles ne suffisaient pas aux réalisations protectrices que cherchent, avec opiniâtreté, les bureaux météorologiques.

Il était convaincu qu'il doit y avoir des relations entre ce qui se passe dans les hautes et les basses régions de l'atmosphère aérienne; il pensait que l'étude d'ensemble de cet immense Océan pourrait permettre de découvrir les lois qui président à ses mouvements, et d'arriver ainsi à mieux se rendre compte de la marche, trop souvent déconcertante, des phénomènes atmosphériques.

Les départs réguliers des ballons sondes qui s'effectuaient chaque mois du laboratoire de Trappes et qui, grâce à une entente internationale, se faisaient en même temps que ceux qui s'opéraient sur différents points de l'Europe et de l'Amérique, réalisèrent des observations simultanées dont les résultats étaient régulièrement et méthodiquement recueillis.

Teisserenc de Bort a, de plus, installé en Danemark, avec le concours des Instituts météorologiques de Suède et de Danemark, une station destinée à étudier l'état de l'atmosphère dans cette région située sur le trajet des bourrasques qui abordent l'Europe.

Il entreprenait et poursuivait dans le présent des investigations dont il voulait assurer le développement dans l'avenir. Ce fut son vœu suprême.

Les expériences de Teisserenc de Bort sur les variations de la pression avec la hauteur et la latitude, ainsi que sur les variations de température et de composition de l'air qu'il a déterminées, à l'aide des ballons sondes, jusqu'à 27^{km} de hauteur, la découverte à l'altitude de $11\,000^{m}$ d'une couche atmosphérique de plusieurs kilomètres d'épaisseur, dans laquelle la température est à peu près uniforme, donnent l'idée de ce qu'il est permis d'attendre de la continuation des grandes recherches qu'il a entreprises. Il est très désirable qu'elles ne soient pas abandonnées alors que la conquête de l'air est poursuivie, malgré ses terribles dangers, avec une ardeur invincible.

Louis-Paul Cailletet, né en 1832, à Châtillon-sur-Seine, dans la Côte-d'Or, mort à Paris le 5 janvier 1913, fut appelé, vers l'âge de 22 ans, à succéder à son père dans la direction des Forges de Saint-Marc.

Le jeune Maître de forges avait un esprit ardent, une ingéniosité expérimentale de premier ordre, une faculté d'invention exceptionnelle, une inlassable persévérance et beaucoup de discernement. Les usines de Saint-Marc mettaient à sa disposition de puissants moyens d'action et lui donnaient la possibilité de chercher.

Ses études l'avaient orienté vers les recherches physiques et chimiques. Il faisait partie d'une jeune élite de laborieux qui se groupaient autour d'Henri Sainte-Claire Deville. Comme eux, il avait subi l'influence d'un maître renommé, qui aimait à s'intéresser à ceux qui vont à l'avenir. Il lui fit honneur.

Le savoir qu'il possédait, les exemples qu'il avait sous les yeux, la direction qu'il recevait, ainsi que les tendances innées de son esprit, l'avaient disposé à se soumettre aux méthodiques exigences de la recherche scientifique. Dans les champs d'observation où il pénétrait, on a très particulièrement besoin de beaucoup méditer.

Il faut se placer dans les conditions que réclament les recherches précises, nécessaires à la vérification d'une hypothèse directrice, ne pas se laisser troubler par l'imprévu et savoir saisir l'occasion de mettre à profit l'inattendu.

Le hasard, on le sait, peut conduire à la constatation d'un fait nouveau, ou même être le point de départ d'une grande découverte. Ces occasions ne sont profitables qu'à ceux dont l'éducation scientifique et la formation technique sont assez complètes pour avoir, en pareille occasion, main-mise sur leur pensée. Le hasard, disait Pasteur, ne favorise que les esprits pré-

parés. Cailletet eut l'occasion d'en fournir un mémorable exemple dans un moment décisif de sa carrière.

Notre Confrère se consacre tout d'abord à la métallurgie. Il étudie la composition des fontes et le mécanisme de l'affinage du fer, trouve un procédé industriel pour l'obtention d'un fer à structure cristalline, fait un travail sur la cémentation du fer par la fonte chauffée au-dessus de son point de fusion.

Il reproduit les belles expériences d'Henri Sainte-Claire Deville et de Troost sur la perméabilité du fer par l'hydrogène, reprend les mémorables expériences d'Henri Sainte-Claire Deville sur la dissociation, en employant le haut fourneau; trouve un procédé de dorure sur métaux qui met l'ouvrier à l'abri des émanations mercurielles, réalise la soudure des métaux et du verre; enfin, il entre dans la voie des inventions et des expériences à l'aide desquelles il va poursuivre, pendant plus de vingt années, l'étude de « l'action de la pression sur les phénomènes physiques ».

Il voulait non seulement mesurer la compressibilité des gaz, même sous les pressions les plus grandes, mais avoir à sa disposition un appareil apte à les mesurer exactement. Il le construit, arrive ainsi au maniement aisé des gaz sous pression et en fait usage dans différentes recherches; il procède de même pour l'étude de la compressibilité des liquides. Il fait des expériences remarquables sur la pente d'un coteau voisin de son laboratoire de Châtillon-sur-Seine, puis de la Tour Eiffel et plus tard de la Butte-aux-Cailles. Il démontre que l'on peut, sans machine spéciale, comprimer les gaz à plusieurs centaines d'atmosphères, et mesurer exactement les pressions développées.

En 1877, Cailletet avait, on peut le dire, épuisé la préparation au succès dont il poursuivait la réalisation définitive avec une inlassable opiniâtreté. Un incident de laboratoire allait l'y conduire.

Il étudiait la compressibilité de l'acétylène. Un des robinets de sa pompe céda, alors que le gaz fortement comprimé ne se liquéfiait pas. Une détente se produisit. Aussitôt un brouillard apparaît dans la partie capillaire du tube, il disparaît rapidement.

Cailletet reprend et poursuit méthodiquement l'expérience inattendue. Il soumet différents gaz à l'épreuve des fortes pressions et de la brusque détente. En la mettant en jeu, il voit se produire le brouillard caractéristique de la liquéfaction, alors qu'il soumettait sans résultat le gaz en expérience à d'énormes pressions.

Il constate que la détente est un merveilleux agent de refroidissement.

Elle permet d'abaisser la température au-dessous du degré nécessaire à la liquéfaction du gaz en expérience. La détente du gaz qui s'échappe détermine la production des températures critiques basses, sous l'influence desquelles se liquéfient les gaz permanents de Faraday.

Il crée un dispositif expérimental qui permet de liquéfier les gaz rebelles. Le problème scientifique de la liquéfaction des gaz était résolu.

Ainsi que l'avait prévu Lavoisier, l'air et les substances aériformes pouvaient, dans certaines conditions, revenir à l'état de liquidité; en le démontrant, « notre Confrère avait rendu à la Chimie générale et, mieux encore, à la Philosophie naturelle, le plus éminent service. » Ce sont les paroles de Jean-Baptiste Dumas.

Cailletet fut élu membre de l'Académie des Sciences en 1884; nous avons eu le privilège de sa présence très fidèle pendant de longues années. Notre très célèbre Confrère n'avait rien perdu de ses remarquables qualités. Comme le jeune Maître de forges, le vieil académicien aimait toujours les difficultés de la recherche scientifique. Il s'était enthousiasmé pour l'Aéronautique; il lui a consacré les derniers efforts de sa belle intelligence et de son génie inventif.

Tout autre fut l'emploi de la vie d'Alfred Picard. Né à Strasbourg le 21 décembre 1844, décédé à Paris le 8 mars 1913, il s'est, dès le début et jusqu'à la fin, signalé par la force d'agir et le pouvoir d'aboutir. Ces qualités maîtresses se sont affirmées dans les occasions si nombreuses où elles furent mises à l'épreuve.

Son esprit de décision, sa volonté persévérante, apportaient à l'exécution des forces énergiques. Il savait les utiliser avec la méthode dont l'éducation scientifique lui avait donné l'habitude et avec la prévoyance la plus attentive.

Il possédait, avec toutes les facultés de l'intelligence, un savoir très étendu et précis. Il disposait enfin d'une inlassable laboriosité. Cette qualité prend rarement pareil développement chez les plus grands travailleurs.

Le contraste d'une apparence fragile et maladive, ainsi que la tranquille simplicité de l'attitude, donnaient un intérêt tout particulier à la puissante action de cette remarquable personnalité. La force intellectuelle dominait et suppléait la faiblesse physique.

Sa vie fut relativement courte pour l'intensité de la production de son permanent labeur. Ses importants résultats offrent un intérêt tout parti-

culier, en quelque sorte historique. Une existence équilibrée et simple venait en aide à une volonté sans défaillance. Il savait répartir avec ordre et méthode la série si nombreuse de recherches et de travaux dont il fut chargé; il continua, pendant plus de trente années, à les faire venir à leur heure et répondre à leur objet.

Les difficultés des vastes entreprises nécessaires au développement des grandes nations modernes, telles les expositions universelles, ne lassèrent jamais sa patience. Leur très longue préparation et les travaux complexes qu'elles réclament exigent l'ensemble des rares qualités qu'il possédait à un si haut degré. Tout s'assemblait et prenait place dans cet esprit vaillant et sagement ordonné. Aussi Alfred Picard ne fut-il pas seulement un ingénieur de haute science et de grand talent; ce fut, dans toute l'acception du terme, un dirigeant. Il resta simple alors même qu'il se fut placé aux premiers rangs dans « le beau service du Bien public ».

Alfred Picard s'est passionné pour une époque dans laquelle la force intellectuelle, fécondée par le travail, affirme, avec une merveilleuse continuité, la plus belle maîtrise. Il était fait pour y vivre et possédait tous les éléments qui permettent de suivre et de juger, en connaissance de cause, le prodigieux mouvement des grands progrès modernes. Il a consacré six Volumes à l'exposé du *Bilan d'un Siècle;* ce bel Ouvrage lui fait le plus grand honneur. Il l'ajoutait à toutes ses vastes études des grands sujets professionnels. Son œuvre écrite est considérable; son œuvre technique d'ingénieur n'a pas une moindre importance.

Elle commença en 1867. Il fut alors envoyé en Égypte; ce fut sa récompense à la sortie de l'École des Ponts et Chaussées. Avant, pendant et depuis la guerre de 1870, bien des missions lui furent confiées; elles n'ont cessé de se renouveler jusqu'à son dernier jour et furent souvent d'une importance exceptionnelle.

L'Académie vient aujourd'hui rendre hommage au Confrère éminent qu'elle était fière de compter dans ses rangs. L'assiduité à nos séances ne s'est jamais interrompue, elle continua alors même qu'il était Ministre. Il aimait à se trouver parmi nous, prenait à l'occasion la parole et fut toujours très écouté. Comme ceux qui conçoivent bien, il parlait avec une grande aisance et beaucoup de simplicité; ses expressions répondaient de façon précise à leur objet.

Alfred Picard fut élu à l'Académie des Sciences en 1902, il remplaçait l'amiral de Jonquières dans la Section des Membres libres. Il faisait partie du Conseil d'État depuis de longues années, et fut placé à la tête de cette

grande Assemblée après la mort de son vice-président, Coulon, en 1912. Il avait été élevé à la dignité de grand'croix de la Légion d'honneur après l'Exposition universelle de 1900.

Parvenu aux sommets, il ne laissait jamais passer aucune occasion de se rendre utile. Les efforts laborieux le trouvaient toujours prêt. Il accepta le Ministère de la Marine en 1908, et prit la présidence de la Commission chargée d'organiser la défense de Paris contre les inondations en 1910. Ce fut un grand serviteur de notre pays.

Né à Saint-Léonard (Oise) le 15 août 1843, Just Lucas-Championnière, fils d'un médecin distingué, est mort à Paris le 22 octobre 1913, il avait été élu le 11 mars 1912, dans la Section de Médecine et de Chirurgie, en remplacement de Lannelongue.

Devenu depuis longtemps célèbre, il était de ceux que l'Académie des Sciences aime à compter parmi ses membres; il semble, lorsqu'ils y entrent, qu'ils en ont toujours fait partie. Il avait été, cette année, désigné comme délégué de notre Compagnie pour prendre la parole, le 25 octobre, dans la Séance des cinq Académies. Il venait de donner lecture de son travail sur la « Trépanation préhistorique » devant la Commission chargée d'en prendre communication, lorsqu'il fut pris d'un malaise et succomba quelques minutes après.

La dernière manifestation de l'esprit d'un chirurgien qui, depuis sa jeunesse, n'avait jamais cessé d'être animé du désir de voir la Chirurgie nouvelle devenir plus grande, montre qu'il comprenait l'influence du passé sur le présent et l'utilité de recueillir dans l'histoire des éléments d'étude. Pareils renseignements peuvent, ainsi qu'il l'écrit dans le premier fascicule de son grand Ouvrage sur les origines de la « Trépanation décompressive », affermir nos convictions et même nous mener à des découvertes. Il n'eut pas seulement recours aux bibliothèques, il alla se renseigner dans l'Afrique du Nord. Là et dans d'autres pays encore, la pratique de la trépanation est, comme aux temps préhistoriques, pratiquée sans le concours des médecins et des chirurgiens. Il agissait comme il le fit à ses débuts.

Au mois d'août 1868, quand le jeune interne des hôpitaux de Paris vint à Glascow dans le service de Lister, il connaissait les premières publications du grand chirurgien écossais, il était au courant des grandes découvertes de Pasteur; il les avaient méditées. Alors, comme dans tous les instants de sa belle carrière, il était guidé par une intelligence avertie. Ce qu'il vit dépassa ses prévisions. Il constatait que la Science faisait entrer la

Chirurgie dans une ère nouvelle. Il voyait, en effet, que, de même que lorsqu'une expérience est bien conduite, des résultats toujours semblables sont obtenus, quand on opère dans des conditions bien déterminées et tout à fait identiques. C'était la précision scientifique, c'était la certitude. On allait enfin être délivré du sentiment d'un péril inconnu qui s'opposait au succès des opérations les mieux conduites et à la guérison des plaies les plus soigneusement pansées. Les révélations de Pasteur en dévoilaient la nature; la méthode de Lister en mettait à l'abri. Ses heureuses applications ouvraient à la Chirurgie, maintenant protégée, les plus grands horizons.

En présence de cette vision libératrice, Just Lucas-Championnière s'éprit de l'Antiseptie, en devint l'apôtre et resta invariablement fidèle à la méthode de Lister. C'est en agissant, en écrivant et en parlant, qu'il a propagé sa croyance, fait partager son enthousiasme. Aucun effort ne lui coûta pour arriver à convaincre; il instruisait ses camarades, ses collègues, se mettait à la disposition de ses maîtres. Et cet effort si laborieux, on s'en étonne maintenant, se prolongea très longtemps. Mais sa foi était robuste, rien ne l'a ébranlée.

L'étroite surveillance des faits fut son appui. L'ensemble de ses très nombreuses et remarquables statistiques d'opérations redoutables, de même que l'invariable et très caractéristique perfection d'une réparation rapide et régulière des plaies, lui répétait, à tout moment, qu'il menait le bon combat en préconisant le pouvoir de la méthode antiseptique de Lister.

Il en est resté, on le sait, le partisan résolu et fidèle. Mais il n'a pas méconnu les bienfaisantes et précieuses ressources de l'Aseptie. Il lui a été donné, dans les dernières années de sa vie, de voir se produire et se généraliser le retour à l'emploi d'antiseptiques puissants. Il le constatait sans surprise, et pouvait se dire qu'il n'avait pas en vain persisté à affirmer sa foi.

A tous les actes préservateurs de la Chirurgie nouvelle, notre Confrère n'avait pas tardé à ajouter la défense préventive de la santé par les exercices physiques. A ses paroles, son enseignement et ses publications, il ajoutait son exemple. Fervent amateur des sports, il a beaucoup contribué à leur propagation.

Le mouvement est notre nature, a dit Pascal. La nature de notre Confrère fut toujours agissante. Il continuait à se rendre utile et disparut en accomplissant un devoir académique.

L'Académie a perdu cinq Correspondants étrangers.

Sir George Darwin, de Cambridge, qui était le fils du grand naturaliste, fut aussi un esprit élevé et un savant de premier ordre. Il aborda très tardivement les études scientifiques, mais se rendit rapidement célèbre par des travaux sur les questions les plus ardues de la Mécanique du Globe, et plus spécialement sur le problème des Marées océaniques et terrestres. Ce furent ses travaux de prédilection. Ses premières études avaient été uniquement dirigées du côté des humanités; après avoir vécu dans leur atmosphère, il se prépara à la carrière de jurisconsulte. Il exerçait brillamment la profession d'avocat, mais la fatigue des plaidoiries l'obligea à y renoncer. C'est alors qu'il s'adonna aux Sciences mathématiques. Élu Correspondant de la Section de Géographie et de Navigation en 1907, il est décédé le 7 décembre 1912.

Paul Gordan, d'Erlangen était un savant de haute valeur. De grandes découvertes sur des sujets d'une importance capitale l'ont placé au premier rang. Notre grand mathématicien Hermite, auquel j'emprunte cette appréciation, présenta la candidature de Paul Gordan à la Section de Géométrie. Élu en 1904 il est décédé en 1912.

Louis Henry, de Louvain, professeur à l'Université de cette ville, a consacré près de cinquante années à la recherche scientifique et à l'enseignement. Il exerça une très heureuse influence sur la Science de la Chimie et instruisit plusieurs générations d'étudiants. On lui doit de nombreuses découvertes. Il fut élu Correspondant de la Section de Chimie, le 25 avril 1904, il est décédé le 9 mars 1913.

Dwelshauvers-Dery, de Liége, qui occupa pendant de longues années les chaires de Mécanique appliquée et de Physique industrielle à l'Université de Liége, s'est particulièrement attaché à l'étude de toutes les questions que soulève le fonctionnement des machines à vapeur; ses recherches expérimentales se sont succédées sans interruption. Ses travaux lui ont acquis une grande notoriété. La Section de Mécanique l'a élu Correspondant en 1900, il est décédé le 15 mars 1913.

Lord Avebury, de Londres, avant de siéger à la Chambre des Lords, avait conquis, sous le nom de *Sir John Lubbock*, la célébrité dans les Sciences naturelles. Il les étudia toutes, depuis la Botanique jusqu'à l'Anthropologie. Ami et disciple de Darwin, il contribua beaucoup au triomphe des idées transformistes. Il possédait un grand talent d'écrivain,

excellait dans la vulgarisation et rendait attrayantes les questions scientifiques les plus ardues. Il occupa de très hautes situations, se livra à l'étude de grandes questions sociales et à ses recherches scientifiques. Un rare ensemble de belles qualités lui permit de s'adapter à des occupations très diverses et de constamment réussir. Élu Correspondant de notre Section de Zoologie le 29 novembre 1910, il est décédé en mai 1913.

MESSIEURS,

L'Académie désire que trois événements scientifiques qui ont particulièrement retenu son attention, cette année, soient mentionnés dans cette séance consacrée à ceux qui se dévouent à la Science.

L'Académie des Sciences de Paris, dont les membres ont pris, de tout temps, une part si importante à la solution du célèbre problème « des trois corps », est heureuse de signaler des recherches relatives à cette difficile question : un jeune astronome d'Helsingfors, M. Sundmann, les a très heureusement conduites.

La Commission académique chargée de leur examen a conclu, par l'organe de son rapporteur, M. Émile Picard, notre très savant Confrère, « que le Mémoire de M. Sundmann est un travail faisant époque pour les analystes et astronomes mathématiciens ». Il fait remarquer « que ce n'est pas un des moindres étonnements du lecteur, que de voir avec quelle simplicité, en s'appuyant sur des résultats aujourd'hui classiques, que le savant finlandais arrive à la solution d'un problème réputé si difficile ». L'Académie décerne à ce très remarquable travail le prix G. de Pontécoulant; elle a décidé, sur la demande de la Commission, que la valeur en serait doublée.

La Médaille d'or Lavoisier est l'une des grandes récompenses dont l'Académie dispose. Ce n'est pas une Commission, mais l'Académie tout entière qui décerne, aux époques jugées opportunes par son Bureau, cette haute distinction. Elle est destinée aux savants qui ont rendu à la Chimie des services éminents, sans distinction de nationalité. Notre Compagnie attribue la Médaille Lavoisier à M. Ernest Solvay, dont le jubilé a été célébré, à Bruxelles, le 20 septembre 1913. Elle a tenu à s'associer à ceux qui ont rendu hommage au chimiste, pour l'ensemble de ses recherches sur la fabrication du carbonate de soude par le procédé à l'ammoniaque, et ses travaux de thermodynamique, à l'homme de bien pour le grand intérêt qu'il témoigne sans cesse aux progrès des Sciences.

Le 15 novembre dernier, il y a aujourd'hui un mois, fut célébré le vingt-cinquième anniversaire de la fondation de l'Institut Pasteur.

La réunion, malgré son caractère familial, devait évoquer de grands souvenirs. Ce furent ceux du 27 décembre 1892, jour de la 70e année de Pasteur, et de la célébration de son jubilé. Le Président du Conseil d'administration de la noble maison où demeure, intacte, la tradition pastorienne, M. Darboux, l'un de nos Secrétaires perpétuels, interpréta le sentiment de l'assemblée. Il rappela, dans son discours, l'entrée de Pasteur dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, au bras du Président Carnot, qui le conduisit à la place qui lui était préparée. Ce souvenir recevait un caractère particulier, de la présence du Président actuel de la République française.

Chacun sait que les obsèques nationales de Pasteur furent présidées par le Ministre de l'Instruction publique M. Raymond Poincaré. Personne n'a pu oublier avec quelle élévation, avec quelle sûreté d'appréciation, le jeune Ministre sut rendre hommage au savant génial dont les révélations grandissent chaque jour le pouvoir de l'Hygiène qui préserve les ressources de la Médecine et de la Chirurgie qui guérissent.

La Science de Pasteur a mis à notre disposition d'inestimables richesses. Sa vie, qui fut à la fois si belle, si noble et si simple; sa bonté toujours parfaite y ajoutent les grands exemples et les beaux souvenirs. Semblables renommées rendent la Science populaire. Elles frappent l'attention et font réfléchir ceux qui ont le souci du développement des forces intellectuelles et morales.

Un de nos compatriotes M. Loutreuil, dont la carrière laborieuse s'est accomplie en Russie, a légué à l'Académie la somme de trois millions et demi, dont les revenus sont destinés à subventionner des recherches scientifiques.

M. Bauchon, légataire universel et ami de M. Loutreuil, avait dix ans pour effectuer la délivrance du legs. Il n'a pas voulu retarder les effets des généreuses volontés du donateur. Il met l'Académie en possession de ce don magnifique. Notre Compagnie veut que son Président remercie publiquement M. Bauchon. Je le prie de recevoir l'expression de notre très vive reconnaissance.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.

PRIX DÉCERNÉS.

ANNÉE 1913.

GÉOMÉTRIE.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Alfred Picard ; Darboux, rapporteur.)

Le prix a été décerné à M. **A. Claude**, Membre adjoint du Bureau des Longitudes, pour l'ensemble de ses travaux astronomiques.

PRIX BORDIN (Sciences mathématiques).

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Vieille; Darboux, rapporteur.)

L'Académie avait proposé la question suivante pour sujet du prix Bordin à décerner en 1913 : *Perfectionner en quelque point important la théorie arithmétique des formes non quadratiques.*

Aucun Mémoire ne lui est parvenu.

L'Académie remet au concours la même question pour sujet du prix à décerner en 1917.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON DE MÉCANIQUE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing, Bertin ; Haton de la Goupillière, rapporteur.)

M. **Sauvage** est inspecteur général des Mines, professeur de machines à l'École nationale supérieure des Mines depuis 1888, et au Conservatoire des Arts et Métiers depuis 1902.

Indépendamment de son enseignement très remarquable et très remarqué dans ces deux chaires, M. Sauvage est l'auteur d'ouvrages fort importants relatifs à la Mécanique appliquée : un Traité magistral de la machine à vapeur en deux gros volumes in-quarto, un Manuel pratique de la locomotive, qui en est à sa cinquième édition et a été traduit en espagnol; deux articles, dont chacun a les dimensions d'un Ouvrage, sur les Machines aux expositions de 1889 et 1900, et une nombreuse série d'articles moindres dans les *Annales des Mines*, l'*Institution of mechanical Engineers*, etc.

M. Sauvage a eu l'initiative et une part prépondérante dans l'exécution d'une œuvre de première importance pour la construction mécanique : l'*Unification des filetages par un système international*. La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale s'est empressée de lui apporter son précieux concours pour les publications nécessaires ; mais on doit, en toute justice, rapporter à M. Sauvage une part personnelle décisive dans le mérite et l'utilité de cette création, si essentielle pour l'industrie mécanique.

Prenant en considération ces mérites de M. **Sauvage**, votre Commission lui a décerné le prix Montyon de Mécanique pour l'année 1913.

L'Académie adopte les conclusions du Rapport.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Deprez, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Léauté, rapporteur.)

Le prix annuel alternatif, d'une valeur de *trois mille francs*, destiné cette année à récompenser l'auteur de l'Ouvrage le plus utile au progrès des Sciences mathématiques appliquées, est décerné à M. **Maurice Leblanc**, ingénieur, pour l'ensemble de ses travaux de Mécanique.

NAVIGATION.

PRIX EXTRAORDINAIRE DE LA MARINE.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Vieille, Lecornu, Ch. Lallemand; Bertin, Hatt, rapporteurs.)

La Commission chargée par l'Académie de décerner, aux travaux qui ont le plus contribué à augmenter l'efficacité de nos forces navales, le prix extraordinaire de *six mille francs*, institué par le Département de la Marine, a cru devoir partager ce prix de la manière suivante :

Un prix de *dix-huit cents francs* est décerné à M. **Le Prieur**, enseigne de vaisseau, inventeur du moyenneur de mesures télémétriques dit *L. V. P.*, essayé avec succès le 22 avril 1913. (Travail confidentiel.)

Un prix de *dix-huit cents francs* est décerné à M. **Geynet**, capitaine de frégate, pour une modification apportée à la hausse des canons, qui a permis d'augmenter beaucoup la précision du pointage. (Travail confidentiel.)

Un prix de *dix-huit cents francs* est décerné à M. **Violette**, lieutenant

de vaisseau, pour divers travaux et en particulier pour le perfectionnement du périscope, poursuivi avec persévérance depuis l'origine de cet appareil. (Travail confidentiel.)

Un prix de *six cents francs* est décerné à M. **R.-E. Godfroy**, enseigne de vaisseau, pour son travail intitulé : *Étude sur les marées.*

Rapport de M. **Hatt** *sur le travail de M.* Godfroy, *enseigne de vaisseau, intitulé :* Étude sur les marées.

A l'occasion de l'expédition antarctique, organisée et commandée par le Dr Jean Charcot, M. **Godfroy**, enseigne de vaisseau, qui faisait partie de la mission, a entrepris l'étude des marées en différents points des régions visitées par le *Pourquoi-Pas?* Cette étude présentait un intérêt tout particulier au point de vue de la théorie des marées, car l'océan Antarctique passait et même passe encore pour présenter les conditions les plus favorables au développement du phénomène. L'absence de continents, la continuité des eaux dans le sens du mouvement de rotation de la Terre permet de supposer que l'onde se propage librement dans ce sens et crée des conditions théoriques se rapprochant de celles qui concernent le Globe recouvert d'eau.

La théorie de Whewell, à peu près abandonnée aujourd'hui, voulait que la marée théorique prît naissance dans l'étendue de l'océan Antarctique et se propageât par dérivation dans l'Atlantique, la mer des Indes et le Pacifique. Les théories plus récentes de Harris établissent pour chaque région un système particulier de lignes cotidales faisant partie d'un ensemble rationnel.

Il était d'autant plus intéressant d'observer les marées dans ces parages que le nombre des observations recueillies jusqu'à présent est à peu près insignifiant.

M. Godfroy a établi des postes d'observation à Port-Circoncision, dans l'île Petermann, où il a pu réunir 230 journées et à Port-Foster, dans l'île Déception de l'archipel des Shetlands du Sud, où il a réuni 18 journées d'observation, dont 16 continues.

Il a pu, en outre, faire des observations isolées : 2 journées dans l'île du Roi-George, 3 journées à Port-Lockroy, dans l'île Wieneke et 3 journées à l'île Jenny.

Les instruments employés étaient : un marégraphe plongeur Favé et un

marégraphe Richard, fonctionnant sous l'influence de la pression exercée sur un sac en caoutchouc rempli d'air et maintenu au fond de l'eau. Ce dernier instrument a marché d'une manière intermittente et ses indications n'étaient qu'approximativement conformes à la hauteur effective de l'eau.

Le marégraphe Favé, au contraire, a fourni des indications toujours semblables à elles-mêmes, en accord complet avec l'échelle de comparaison qui était consultée, à titre de vérification, le plus souvent possible. M. Godfroy se loue beaucoup de cet appareil appelé à rendre de grands services par son exactitude et la grande facilité de son installation. Il a fonctionné par des profondeurs assez faibles, une quinzaine de mètres au plus, mais on sait qu'il peut être immergé loin des côtes à des profondeurs atteignant 200^{m}.

Les seules observations utilisables au point de vue de l'Analyse harmonique sont celles qui présentent une certaine continuité, celles de Port-Circoncision et celles de Port-Foster. Encore ces dernières ne permettent-elles de calculer que les 6 ondes principales à courte période. En joignant à ces deux postes ceux du cap Horn, des Orcades et de l'île Wandel, dont les observations sont antérieures, M. Godfroy a pu présenter un Tableau de comparaison qui montre que, dans ces parages antarctiques, le régime de la marée varie d'un point à l'autre d'une manière très irrégulière. Tandis qu'au cap Horn l'onde diurne est faible vis-à-vis de l'onde semi-diurne, elle présente, plus au sud, une amplitude supérieure. Il en résulte que le phénomène reste semi-diurne au cap Horn, tandis qu'à Port-Circoncision la marée semi-diurne est complètement masquée par la marée diurne quand la déclinaison de la Lune devient assez grande. Il n'y a plus, à ce moment, qu'une seule marée par jour. Quand, au contraire, la Lune se trouve dans l'Équateur, la marée semi-diurne redevient le régime normal. C'est exactement ce qui se passe à Quinhone, sur la côte d'Annam, dont les marées présentent les mêmes fluctuations bien étranges à première vue, mais qui s'expliquent très simplement par l'analyse harmonique.

D'autres irrégularités sont à noter dans cette région de l'Antarctique. Au cap Horn, l'âge de la marée semi-diurne est d'environ 30 heures; à Port-Circoncision, l'âge atteint 106 heures. Au cap Horn, l'amplitude de l'onde lunaire est plus de 6 fois plus grande que celle de l'onde solaire, tandis qu'à Port-Circoncision elles sont presque égales.

Au cap Horn, la marée suivra la Lune sans correction notable; à Port-Circoncision il faut s'attendre, en raison de la presque égalité des ondes

semi-diurnes principales et aussi de la présence de l'onde diurne, à des manifestations très irrégulières dépendant des circonstances astronomiques d'une manière très complexe.

M. Godfroy a pu encore tracer approximativement les lignes cotidales dans les parages des postes d'observation et les a trouvées en complet désaccord avec la théorie de Harris.

Ces constatations diverses sont malheureusement négatives en tout ce qui touche les théories actuelles ou passées. Elles n'en sont pas moins intéressantes et nous devons remercier M. Godfroy d'avoir eu la patience d'en recueillir les éléments par ses consciencieuses observations.

La Commission estime que le travail de M. **Godfroy** mérite d'être couronné par l'Académie et accorde à son auteur, avec le titre de lauréat du Prix extraordinaire, une somme de *six cents francs* sur le montant de ce prix.

Les conclusions de ces Rapports sont adoptées par l'Académie.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Vieille, Lallemand, Lecornu; Bertin, rapporteur.)

M. **Risbec**, ancien directeur des Chantiers des Messageries maritimes à La Ciotat, est l'auteur d'une étude très approfondie des forces d'inertie développées par le mouvement alternatif des machines et des trépidations imprimées par les forces à la coque. Il en a déduit la valeur exacte des angles de calage des diverses manivelles les plus propres à diminuer l'importance de ces forces, et, par l'application de ses formules à la machine d'un paquebot, il a obtenu une grande diminution des trépidations de la coque, comparativement à celles des paquebots similaires.

Les résultats ainsi obtenus par M. Risbec ont d'autant plus d'importance pratique, que la Compagnie des Messageries maritimes est restée fidèle aux machines alternatives.

En attribuant à M. Risbec le montant de 4000^{fr} de la fondation Plumey, l'Académie se plaît à rappeler que M. Risbec est l'auteur de nombreux travaux qui, sans se rapporter à la propulsion des navires à vapeur, inté-

ressent l'architecture navale en général. A Brest, où il a servi comme ingénieur de la Marine, il a collaboré avec M. de Benazet, son collègue, à des expériences très intéressantes sur l'efficacité des quilles latérales pour combattre le roulis, et à la détermination du moment d'inertie d'un petit navire par la période d'oscillation sur des patins disposés transversalement dans la forme de radoub. Il a été ensuite le créateur d'une méthode pour mesurer le diamètre du cercle de giration des navires qui est toujours restée en usage. Dans ces dernières années, M. **Risbec** a aussi écrit un important Mémoire inédit *Sur la résistance des carènes à la propulsion*, présenté à l'Académie en même temps que le Mémoire *Sur la trépidation des coques*.

C'est donc toute une carrière de fécond labeur que l'Académie est heureuse de récompenser aujourd'hui.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

ASTRONOMIE.

PRIX PIERRE GUZMAN.

Décerné à celui qui aura trouvé le moyen de communiquer avec un astre autre que Mars. A défaut de ce prix, les intérêts seront attribués, en 1915, à un savant qui aura fait faire un progrès important à l'Astronomie.

Le prix n'est pas décerné.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Darboux, Lippmann, Émile Picard ; Puiseux, rapporteur.)

Le prix Lalande est décerné à M. **Bosler**, pour ses recherches sur les variations brusques du magnétisme terrestre et sur leur liaison avec des troubles survenus dans le Soleil.

M. J. Bosler, auteur d'un excellent Ouvrage sur *Les théories modernes du Soleil*, publié en 1910, a développé depuis l'un des Chapitres de ce Livre dans une thèse soutenue avec succès devant la Faculté des Sciences de Paris et qui figure au Tome V des *Annales de l'Observatoire de Meudon*. M. Bosler s'est proposé de rechercher comment les variations brusques du magnétisme terrestre peuvent être liées aux éruptions qui se produisent à la même époque dans le Soleil.

La réalité d'une transmission lointaine des troubles solaires a été considérée comme probable à partir de 1850, à la suite de quelques coïncidences frappantes. Mais il a toujours paru difficile de préciser le mécanisme de cette transmission. Lord Kelvin, en 1892, avait cru pouvoir éliminer la plupart des explications proposées. Vouloir que le Soleil, considéré comme un aimant ou un solénoïde à régime variable, agisse rapidement sur le magnétisme terrestre, c'est, en effet, lui imposer une dépense d'énergie excessive. Mais d'autres voies restent ouvertes, une notamment que A.-C. Becquerel avait déjà signalée. Le Soleil peut projeter au loin, avec une abondance variable, des corpuscules électrisés. Et il est certain que, depuis, dans le domaine rapidement accru de la radioactivité, bien des faits ont été recueillis qui donnent du poids à cette hypothèse. Il résulte des calculs de M. Bosler, confirmant ceux de Sir Olivier Lodge, que des courants d'électrons suffisamment étendus, suffisamment mobiles, n'auraient pas besoin de posséder de fortes charges pour provoquer les orages magnétiques. Toutefois une preuve plus directe de l'existence de tels courants dans l'espace demeure désirable.

On a cru trouver cette preuve dans la soudaineté même du début des orages et des aurores, dans leur concomitance fréquente avec un groupe de taches passant près du méridien central du Soleil. Mais M. Bosler note avec raison que ces faits laissent subsister de graves difficultés mécaniques. On conçoit mal des courants limités à des secteurs étroits et accompagnant le

Soleil, sans se désagréger, pendant plusieurs rotations. Il semble bien aussi que l'entrée de la Terre dans de tels courants devrait amener un changement plus appréciable dans la tension électrique de l'atmosphère.

Les comètes, sujettes à des variations si promptes, ne seraient-elles pas, pour une influence directe des parties troublées du Soleil, un réactif plus sensible que le globe terrestre lui-même? L'astre qui semble le plus capable de jeter du jour sur cette question est la comète d'Encke. La statistique de ses variations d'éclat, dressée par M. Bosler pour l'intervalle 1820-1908 est, croyons-nous, la plus complète qu'on possède. Il en résulte avec évidence que les faits sont mieux représentés si, aux deux facteurs généralement admis comme devant régir l'éclat apparent, on en adjoint un troisième, proportionnel au nombre des taches qui sont visibles sur le Soleil. En dehors des variations d'éclat progressives, on en signale aussi de soudaines. Sur cinq retenues comme assez nettes, deux ont coïncidé avec des troubles de l'aiguille aimantée, aucune avec la présence d'un groupe de taches remarquable sur le rayon vecteur allant du Soleil à la comète. D'après cela, si les taches solaires modifient l'éclat des comètes, ce n'est pas par l'intermédiaire de faisceaux étroits et limités. Il est probable que les causes de changement les plus actives résident dans la comète elle-même.

Revenant au globe terrestre, M. Bosler remarque que l'enregistrement d'une variation brusque et simultanée des trois composantes magnétiques permet de définir géométriquement le champ perturbateur. On pourrait s'attendre à voir la direction de ce champ liée à celle de la droite qui va de la Terre au Soleil. Or, les cas les mieux caractérisés, fournis par la statistique de six observatoires, montrent que cette liaison n'existe pas. Au contraire, le champ magnétique perturbateur a, dans chaque station, une direction préférée, définie par rapport à la surface du globe terrestre. L'influence géographique ou locale paraît donc prédominer de beaucoup sur la cause cosmique. Le Soleil n'interviendrait que par déclenchement.

Les variations des courants telluriques, accompagnant d'une manière si évidente les orages magnétiques, en sont-elles la cause ou l'effet, et les courants n'auraient-ils pas aussi leurs directions préférées? Il en est bien ainsi, comme le fait voir M. Bosler en utilisant les relevés publiés dans ces dernières années par les Observatoires de Greenwich et du Parc Saint-Maur. De cette discussion, deux conséquences nouvelles et importantes se dégagent :

1° La direction du champ perturbateur est toujours à peu près perpendiculaire à celle du courant, du côté que fait prévoir la règle d'Ampère;

2° Le maximum d'intensité du courant concorde avec le maximum de la perturbation et non avec l'époque de sa variation la plus rapide.

Il semble fortement indiqué d'en conclure que le courant tellurique n'est pas, comme on l'avait pensé autrefois, le résultat d'une induction par le champ terrestre et qu'il est, au contraire, une cause directe de perturbation magnétique.

Ces faits accroissent évidemment l'intérêt qui s'attache à l'étude des courants telluriques. La préférence de ces courants pour un azimut déterminé dans chaque station doit les faire considérer comme siégeant dans le sol plutôt que dans l'atmosphère. Leur direction dépendrait surtout de la structure de l'écorce terrestre, leur intensité d'une excitation extérieure, qui peut être une éruption solaire. Cette éruption n'aura pas besoin d'être très intense si elle est assez brusque : le courant induit dans le globe terrestre produira aisément, en un point voisin de son parcours, un champ beaucoup plus grand que le champ excitateur. Les calculs développés par M. Bosler, pour évaluer l'ordre de grandeur de ces effets, introduisent nécessairement des données hypothétiques. Ils fournissent cependant, pour expliquer l'action lointaine du Soleil, tout un choix de formules qui cadrent avec les faits observés, si elles ne les font pas prévoir tous, et ne tombent à aucun degré dans l'objection de Lord Kelvin.

D'autres publications, que nous ne saurions énumérer sans trop étendre ce rapport, ont montré la compétence de M. **Bosler** dans diverses parties de l'Astronomie et de la Physique. A l'Observatoire de Meudon, où il est attaché depuis plusieurs années, il s'est signalé comme un spectroscopiste habile et assidu. La Commission, à l'unanimité des membres présents, propose de lui décerner le prix Lalande.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Wolf, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Picard; Deslandres, rapporteur.)

Le professeur **Fowler** est un des premiers spectroscopistes de notre époque. Il a été formé à la rude école de Sir Norman Lockyer, qui a poursuivi avec ses élèves pendant plus de quarante ans, dans son observatoire

et laboratoire de South-Kensington, les recherches les plus variées d'analyse spectrale. Nommé en 1904 professeur au Royal College of Science, il a fondé là un nouveau laboratoire de Spectroscopie et d'Astrophysique, et avec de faibles ressources, des moyens très simples, il a obtenu des résultats de tout premier ordre.

Il a complété l'œuvre de Kirchhoff et de ses successeurs sur la composition chimique des astres, c'est-à-dire sur un point fort important. Avant lui, les radiations simples des astres qui appartiennent aux spectres de lignes ont pu être rapportées la plupart à des spectres de corps simples connus. Mais notre ignorance était presque absolue en ce qui concerne l'origine des spectres de bandes qui, dans certains astres, forment le caractère principal de la lumière émise.

Les spectres de bandes, il est vrai, ont été encore très peu étudiés, et justement M. Fowler en a fait connaître plusieurs très curieux. Il signale en particulier de magnifiques bandes qui, après de longues recherches, ont été ramenées par lui à un composé de titane et d'oxygène; il montre leur coïncidence exacte avec les cannelures qui sont le trait principal du spectre dans les étoiles du type d'Antarès, c'est-à-dire dans une classe entière d'étoiles. Le même spectre a été retrouvé dans le spectre des taches solaires où M. Fowler signale aussi les bandes de l'hydrure de magnésium. Enfin, récemment, un spectre de bandes nouveau, inconnu, est découvert dans la queue des comètes. Peu après, M. Fowler le retrouve dans les gaz carbonés du laboratoire illuminés à pression très basse par les rayons cathodiques.

Sa contribution à la spectroscopie théorique et à la répartition des raies dans les spectres est aussi fort importante. Il a augmenté largement nos connaissances sur le spectre de l'hydrogène qui est fondamental : il retrouve, dans le laboratoire, la série des raies de ce gaz, dite de Pickering, observée jusqu'ici seulement dans de rares étoiles; puis il obtient la série principale annoncée par les calculs de Rydberg et une autre série principale subordonnée. Le spectre de l'hydrogène, jusqu'alors l'un des plus pauvres en séries, est actuellement l'un des plus riches. De même, il obtient avec le magnésium deux séries nouvelles de raies simples, qui correspondent aux précédentes de l'hydrogène et s'ajoutent aux deux séries bien connues de triplets. Les spectres de lignes apparaissent plus complexes qn'on ne l'a cru jusqu'ici.

En même temps, l'étude des spectres de bandes est continuée activement au Royal College of Science. Avec la collaboration de l'honorable R.-J. Strutt, il reconnaît avec soin tous les effets du gaz actif nouveau qui est

l'azote électrisé, très curieux à la fois au point de vue chimique et au point de vue spectral. Le gaz donne de nouveaux spectres de bandes de l'azote qui sont relevés et rapportés aux lois connues de distribution; il agit aussi sur d'autres gaz et produit, soit des spectres déjà connus, mais fortement modifiés dans la répartition des intensités, soit plusieurs groupes de bandes nouvelles. C'est l'un des meilleurs exemples d'une action chimique révélée et suivie par les moyens de l'analyse spectrale.

La fécondité de M. Fowler a été grande dans la dernière décade; et comme l'homme est encore jeune et plein d'ardeur, elle est encore loin de son terme et nous promet encore de beaux résultats.

La Commission propose à l'unanimité de donner le prix Valz à M. **Fowler**, en regrettant que le montant n'en soit pas plus élevé.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann; Émile Picard, rapporteur.)

On sait quel grand labeur Henri Poincaré a consacré en Mécanique céleste au problème des trois corps. La découverte des solutions périodiques, des solutions asymptotiques et doublement asymptotiques restera à jamais mémorable dans l'histoire de ce problème célèbre. Après l'immense effort de notre illustre et regretté confrère, il n'était guère tentant pour les mathématiciens de reprendre l'étude analytique des équations différentielles du problème des trois corps. Comme l'écrivait Tisserand dans le Tome IV de sa *Mécanique céleste* : « La solution rigoureuse du problème des trois corps n'est pas plus avancée aujourd'hui qu'à l'époque de Lagrange, et l'on peut dire qu'elle est manifestement impossible ». Tisserand pensait sans doute, en parlant de solution *rigoureuse*, à des représentations des coordonnées des trois corps au moyen de développements en séries dont les termes dépendent du temps t et convergentes pour toute valeur de t, ce qui n'arrive pour aucun des développements employés en Mécanique céleste.

En fait, la solution *rigoureuse* peut être entendue d'une manière plus générale. Concevons qu'on puisse exprimer les neuf coordonnées des trois

corps par des séries dont les termes soient des fonctions d'une variable τ, ces séries étant convergentes pour τ compris entre -1 et $+1$; admettons, d'autre part, que le temps t puisse s'exprimer en fonction de τ par une série convergente également entre -1 et $+1$ [soit $t=f(\tau)$], et cela de telle manière que τ allant en croissant de -1 à $+1$, la fonction $f(\tau)$ varie également toujours dans le même sens en allant de $-\infty$ à $+\infty$. On suppose, bien entendu, que les différents termes des séries envisagées peuvent être obtenus de proche en proche par un calcul régulier, quand les conditions initiales sont données. Avec ces divers développements, le problème doit être regardé comme résolu rigoureusement, car à une valeur de t correspond manifestement une et une seule valeur de τ, ce qui permet de calculer les coordonnées pour chaque valeur du temps.

Le programme que nous venons d'indiquer vient d'être rempli par un astronome de l'Observatoire d'Helsingfors, M. **Sundmann** (¹). Avant d'essayer de donner une idée du travail de M. Sundmann, il nous faut dire un mot d'une remarque faite dès 1886 par Poincaré. Celui-ci a indiqué incidemment que, si l'on était sûr à l'avance que la distance de deux quelconques des trois points restera toujours supérieure à une limite déterminée, on pourrait affirmer que les coordonnées des trois corps sont susceptibles d'être développées pour toute valeur de t suivant les puissances de

$$\frac{e^{\alpha t}-1}{e^{\alpha t}+1},$$

α étant une constante positive convenable. C'est là un résultat qui, au premier abord, paraît bien remarquable. Malheureusement, pour des conditions initiales données, on ne sait pas si l'on se trouvera ou non dans les conditions supposées, et Poincaré lui-même, probablement après des tentatives infructueuses, écrivait : « Je ne crois pas toutefois qu'on puisse tirer grand parti des applications de cette méthode à la Mécanique céleste ».

Si les corps se choquent, le développement de Poincaré cesse d'être applicable; mais, comme l'a vu M. Sundmann en analysant les diverses circonstances susceptibles de se présenter, on peut utiliser un développement analogue, après avoir remplacé préalablement le temps par une autre variable indépendante convenablement choisie.

(¹) Les points essentiels des recherches de M. Sundmann ont été communiqués à la *Société des Sciences de Finlande*, les 17 décembre 1906 et 18 janvier 1909, et ont fait l'objet de Notes parues dans les Tomes XXXIV et XXXV des Mémoires de cette Société. Un Mémoire plus développé a paru dans le Tome XXXVI des *Acta mathematica* en 1912.

Le point fondamental dans les recherches de M. Sundmann réside dans le théorème suivant : *Si les constantes des aires ne sont pas nulles toutes les trois, on peut, les circonstances initiales étant données, indiquer une limite positive au-dessous de laquelle les deux plus grandes distances entre les corps ne descendent jamais.* En particulier, les trois corps ne se choqueront certainement pas au même instant si les constantes des aires ne sont pas nulles toutes les trois, et c'est dans ce cas général que se place M. Sundmann dans toute la suite de son Mémoire. Par contre, il peut arriver que deux des corps se choquent à un certain moment, mais cette circonstance, qui avait été jusqu'ici la pierre d'achoppement dans tous les travaux analytiques concernant le problème des trois corps, ne va être la source d'aucune difficulté grâce aux vues profondes de M. Sundmann sur ce qu'on peut appeler le *prolongement analytique* du problème après le choc. Supposons que, pour $t = a$, deux des trois corps viennent à se choquer. On établit qu'alors les coordonnées des trois corps peuvent se développer suivant les puissances de $(t-a)^{\frac{1}{3}}$. Dans ces développements, pour $t < a$, la valeur de $(t-a)^{\frac{1}{3}}$ est négative. Ces séries permettent de définir le mouvement des trois corps après le choc; on y parvient en donnant, dans ces mêmes développements, des valeurs positives à $(t-a)^{\frac{1}{3}}$ pour $t > a$. En fait, on réalise ainsi un prolongement analytique de la solution, qui correspondrait à donner pour un moment (t étant d'abord réel, voisin de a et inférieur à a) des valeurs complexes à t, et à faire tourner le point correspondant autour de a d'un angle égal à 3π dans le plan de la variable complexe t.

Le temps t (redevenu réel) continuant à croître, il peut y avoir d'autres chocs (même une infinité), le problème étant après chaque choc *prolongé* comme il vient d'être dit. C'est d'ailleurs une conséquence du théorème énoncé plus haut que les valeurs de t correspondant à des chocs (s'il y en a) ne peuvent avoir une limite finie. On voit donc nettement, d'après ce qui précède, ce qui arrive quand le temps t grandit indéfiniment : la solution reste holomorphe tant qu'aucun choc n'a lieu, mais il peut arriver que, pour certaines valeurs a de t, un choc entre deux corps se produise; les coordonnées sont alors susceptibles d'être développées suivant les puissances de $(t-a)^{\frac{1}{3}}$ et le problème peut être prolongé analytiquement au delà de $t = a$.

Tous ces points établis, et la démonstration de plusieurs d'entre eux a exigé une grande pénétration, il reste à faire un changement de variable,

grâce auquel les coordonnées des trois corps ne cesseront pas d'être holomorphes. On y parvient en posant

$$dt = \Gamma\, d\omega,$$

ω étant la nouvelle variable (avec la condition $t = 0$ pour $\omega = 0$). On pose

$$\Gamma = \left(1 - e^{-\frac{r_1}{l}}\right)\left(1 - e^{-\frac{r_2}{l}}\right)\left(1 - e^{-\frac{r_3}{l}}\right),$$

l étant une constante positive convenable, et les r désignant les distances des trois points deux à deux ; on a

$$0 \leqq \Gamma < 1\,;$$

d'où il résulte que les variables ω et t varient dans le même sens, et, quand t varie de $-\infty$ à $+\infty$, ω varie de $-\infty$ à $+\infty$. Il est facile maintenant d'établir que les neuf coordonnées sont des fonctions holomorphes de ω dans le voisinage de chaque valeur réelle ω_0 de cette variable, le rayon de convergence autour de ω_0 étant supérieur à un nombre fixe indépendant de ω_0. Il suffira alors de poser

$$\tau = \frac{e^{\alpha\omega} - 1}{e^{\alpha\omega} + 1}$$

(α constante positive convenable), et l'on pourra exprimer les neuf coordonnées sous forme de séries ordonnées suivant les puissances de τ et convergentes entre -1 et $+1$; t est, d'autre part, une fonction de τ susceptible d'un développement de même nature, et, quand τ varie de -1 à $+1$, t varie de $-\infty$ à $+\infty$.

On a donc bien la solution du problème des trois corps sous la forme que nous avons dite plus haut. Les circonstances initiales (vitesses et positions des corps étant données), on peut mettre *les neuf coordonnées* et *le temps* sous la forme de séries entières

$$A + B\tau + C\tau^2 + \ldots$$

convergentes entre -1 et $+1$, les coefficients se calculant de proche en proche par des dérivations successives, et la fonction $f(\tau)$, qui représente le temps, croissant de $-\infty$ à $+\infty$, quand τ croît de -1 à $+1$.

On voit comment M. Sundmann obtient la solution complète du problème des trois corps. Les analystes, qui s'étaient antérieurement occupés de ce problème, portaient leur attention sur les chocs, mais en considérant

que le problème n'avait plus de sens après un choc, ce qui est très naturel au point de vue physique [1]. *Pour M. Sundmann, au contraire, le problème continue après le choc.* En réalité, c'est pour avoir poussé à fond l'idée du prolongement analytique que M. Sundmann a pu obtenir une solution générale susceptible de comprendre dans ses formules les cas où il y aurait des chocs en nombre fini ou infini.

On demandera maintenant quel est, pour la Mécanique céleste usuelle, l'intérêt de la solution précédente. Rien n'est plus dangereux que le métier de prophète, et l'on ne peut risquer que des probabilités. Il semble que l'extrême généralité de l'analyse de M. Sundmann est peu favorable à l'étude des cas classiques de la Mécanique céleste, où une masse est toujours prédominante. Il est difficile, sans une étude approfondie, de se rendre compte des simplifications qu'apporterait cette hypothèse dans les formules de l'astronome d'Helsingfors; mais, en tous cas, ces formules paraissent impropres à mettre en évidence le caractère à peu près périodique de tant de phénomènes astronomiques, que les séries de type trigonométrique mettent, malgré leur divergence, si bien en évidence. Il y a, semble-t-il, encore moins à espérer en ce qui concerne les questions de stabilité

Mais n'insistons pas sur ces probabilités et plaçons-nous au point de vue de l'Analyse pure, pensant seulement à l'intégration rigoureuse des équations différentielles du problème des trois corps. Nous pouvons dire alors que le Mémoire de M. Sundmann est un travail faisant époque pour les Analystes et les Astronomes mathématiciens. C'était une opinion très répandue que le problème des trois corps ne serait résolu que grâce à l'introduction préalable de transcendantes nouvelles très compliquées; aussi n'est-ce pas un des moindres étonnements pour le lecteur que de voir avec quelle simplicité, en s'appuyant seulement sur des résultats aujourd'hui classiques dans la théorie des équations différentielles ordinaires, le savant finlandais arrive à la solution d'un problème réputé si difficile. Il lui a fallu, il est vrai, une singulière finesse pour discuter avec des moyens aussi élémentaires, est-on tenté de dire, les diverses circonstances pouvant se présenter.

---

(1) Il faut toutefois faire exception pour quelques pages du Tome III des *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, où Poincaré parle incidemment du prolongement analytique et établit que, dans le problème des n corps, il y a stabilité à la Poisson pour la trajectoire ou *son prolongement analytique*, sauf dans des cas extrêmement particuliers.

Le beau travail de M. **Sundmann** a vivement attiré l'attention de votre Commission. Elle est unanime à proposer à l'Académie de lui décerner le prix Pontécoulant, en demandant que la valeur du prix soit doublée.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

GÉOGRAPHIE.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Lallemand, Ph. van Tieghem, Perrier; le prince Bonaparte, rapporteur.)

Le prix Tchihatchef est décerné au colonel Kozlov pour ses *Explorations et publications sur l'Asie centrale.*

Pendant le cours de trente années de 1883 à 1913, le colonel **Peter Kusmitch Kozlov**, de l'armée russe, exécuta quatre grands voyages dans les régions centrales de l'Asie et un autre de moindre importance à Ourga. Ces voyages furent riches en résultats scientifiques.

C'est en 1883 que Kozlov, alors âgé de 19 ans, fit son premier voyage en Asie centrale avec Prjevalsky. A l'école du grand voyageur russe il apprit rapidement son métier d'explorateur. Le récit de ce quatrième voyage de Prjevalsky fut publié en russe et traduit en plusieurs langues. Devenu officier, Kozlov se livra à l'étude des sciences naturelles afin de pouvoir mieux profiter du nouveau voyage qu'il allait exécuter avec Prjevalsky. Malheureusement celui-ci mourut en 1888; il fut remplacé par le colonel Pevzov. Au cours de ce voyage, Kozlov fut chargé de plusieurs missions spéciales dont il publia le récit à son retour en 1899.

En 1893, Kozlov, au cours d'un troisième voyage dans l'Asie centrale et au Tibet, fit de nouvelles observations sur les conditions physiques des pays parcourus. Il effectua le passage difficile du Luktchoun au Lob-nor et à Cha-Tcheou. Le commandant de l'expédition, le colonel Roborovsky,

étant devenu malade, céda son commandement à Kozlov qui rentra en Russie en 1895.

Seize ans après sa première expédition, Kozlov entreprit un quatrième voyage; cette fois il en était le chef. Au printemps de 1899, il traversa la frontière à Kobdo, gagna l'Altaï Mongol, le Koukou-nor et le Tsai-dam, parcourant des parties du Tibet encore inconnues et d'un accès difficile. Malgré son vif désir, il ne put aller jusqu'à Lhassa, les autorités chinoises et tibétaines s'y étant formellement opposé. Il explora alors la province de Kham dans le Tibet oriental, région peu connue et habitée par des tribus hostiles. Il donne des noms aux chaînes de montagnes qui séparent le bassin du Hoang-ho de celui du haut Yangtsé; va jusqu'aux régions du haut Mekong et revient en Russie en 1911 par le Koukou-nor et le Gobi. Les résultats de ce voyage sont consignés dans un grand Ouvrage ayant pour titre : *Mongolia i Kam*.

A son retour, la Société impériale russe de Géographie lui décerna sa plus haute récompense, la grande médaille Constantin.

Le quatrième voyage de Kozlov fut de courte durée car il n'alla que jusqu'à Ourga où il eut l'occasion de voir le Dalai-Lama. Mais toujours infatigable, Kozlov entreprenait un nouveau voyage en 1907. Cette cinquième expédition visita la Mongolie et le Se-tch'ouan, plus particulièrement la région du Koukou-nor. Kozlov passa quelques jours aux deux grands monastères bouddhiques de Koumboun et de Lhabrang. C'est au cours de cette dernière exploration qu'il découvrit dans un stoupâ, dans les ruines de l'antique ville de Khara-Khoto, toute une bibliothèque de livres en langues chinoises, tibétaines et de la haute Asie.

En 1911, Kozlov avait reçu la Founder's Medal de la Royal geographical Society de Londres. Comme on devait l'attendre d'un élève de Prjevalsky, Kozlov porta surtout son attention vers les études purement géographiques des pays qu'il visita, puis ensuite sur leurs conditions physiques, enfin sur leur anthropologie.

Les nombreuses collections zoologiques, botaniques, anthropologiques et archéologiques qu'il a rapportées sont déposées dans les musées de Saint-Pétersbourg et de Moscou.

C'est pour reconnaître l'importance des résultats scientifiques obtenus au cours de ces cinq voyages d'exploration que la Commission propose à l'Académie d'attribuer le prix Tchihatchef au colonel **Kozlov**.

L'Académie adopte la conclusion de ce Rapport.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Lallemand, Ph. van Tieghem, le prince Bonaparte; Edmond Perrier, rapporteur.)

Le sujet mis au concours pour le prix Gay à décerner en 1913 était le suivant : *Étude sur les Reptiles des pays chauds et notamment sur les Reptiles du Mexique.*

Un seul concurrent s'est présenté, M. le Dr **Mocquart**, assistant honoraire au Muséum national d'Histoire naturelle. Il a soumis au jugement de la Commission 41 Mémoires consacrés à la description des Reptiles successivement découverts dans l'Afrique tropicale, à Madagascar et dans les régions chaudes de l'Asie.

Les espèces dont il est question dans ce volumineux dossier sont presque toutes nouvelles, décrites et figurées avec un soin minutieux. Il était impossible de répondre d'une manière plus complète au programme proposé par l'Académie.

La Commission a été unanime à décerner le prix à M. **Mocquart** qui l'aurait sans doute emporté alors même que le nombre des concurrents eût été considérable.

Le prix Gay récompense, en vérité, cette année, toute une vie de travail consciencieux et utile.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PHYSIQUE.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Amagat, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Bouty, rapporteur.)

Le prix Hébert, d'une valeur de *mille francs*, est décerné à M. **Swingedauw**, professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de l'Univer-

sité de Lille, qui s'est fait connaître des physiciens et des technologistes par de nombreux travaux de Physique pure et appliquée.

Parmi les premiers, il convient de signaler particulièrement ses études sur les potentiels explosifs. Dès 1896, M. Swingedauw a établi qu'il y a lieu de distinguer entre le potentiel explosif proprement dit, celui qui correspond à une charge lente, et celui qui caractérise les explosions brusques résultant, par exemple, de la décharge d'inducteurs ou de condensateurs. Ce potentiel explosif *dynamique* peut, suivant que les électrodes sont ou non fréquemment polies, soumises ou non à l'action de lumière ultraviolette provenant d'étincelles voisines, etc., varier de la moitié au triple de la valeur normale (potentiel explosif *statique*).

Au même groupe de sujets se rapportent les recherches de M. Swingedauw sur les décharges dans les excitateurs hertziens, les décharges dérivées, latérales, etc.

Mais c'est surtout dans les recherches relatives aux difficiles problèmes que soulève l'Électrotechnique moderne que s'est spécialisé M. Swingedauw, depuis que, par ses fonctions de directeur de l'Institut électrotechnique de l'Université de Lille, qu'il a fondé dans des conditions délicates et bientôt amené à rivaliser avec les établissements similaires les plus favorisés, il a dû orienter son activité dans une voie nouvelle.

Il s'est plus spécialement attaqué aux problèmes si complexes que soulève l'étude des dynamos à courant continu : auto-excitation, réactions d'induit, commutation, pertes par hystérésis et par courants de Foucault, rendement, etc. A chacune de ces questions, M. Swingedauw a su apporter des contributions originales. Ses recherches ont fait l'objet de Notes nombreuses insérées dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, de Mémoires publiés dans le *Journal de Physique*, le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, l'*Éclairage électrique*, les *Mémoires de l'Université de Lille*, de la *Société industrielle du Nord*, etc.

En dernier lieu et tout récemment, M. **Swingedauw** a commencé la publication de son *Cours d'Électrotechnique générale et appliquée*. Le premier Volume, relatif à la machine dynamo à courant continu, publié avec le concours de deux de ses élèves les plus distingués, MM. Nègre et Beauvais, lui a fourni l'occasion de rassembler sous une forme didactique les principaux objets de ses recherches favorites, et d'exposer dans leur ensemble les questions qu'il a approfondies et dont il a contribué à éclaircir les solutions.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Amagat, Bouty, Villard, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Branly, rapporteur.)

Depuis 1845, date de la découverte par Faraday de la rotation du plan de polarisation de la lumière à l'intérieur d'un corps transparent placé dans un champ magnétique, on sait que le magnétisme peut modifier les conditions de la propagation de la lumière dans une substance matérielle.

En 1896, M. Zeeman, en faisant intervenir une force magnétique considérable, mit en évidence une nouvelle action du magnétisme sur les raies d'émission ou d'absorption des vapeurs métalliques. Ces raies se décomposent; ainsi, dans le cas le plus simple, une raie se dédouble lorsque le faisceau lumineux est parallèle à la force magnétique, tandis qu'elle est remplacée par trois raies lorsque le faisceau est normal à la force. Dans le doublet correspondant au faisceau parallèle à la force magnétique, les deux composantes vibrent circulairement, l'une à droite, l'autre à gauche. Pour tous les cas de décomposition, le sens de l'effet s'interprète en admettant que l'émission et l'absorption sont dues à des électrons négatifs. De nombreux physiciens ont poursuivi les expériences, sans toutefois parvenir à constater dans les corps solides, sous l'action du magnétisme, un effet analogue à l'effet Zeeman.

I. En opérant sur des minéraux ou des cristaux présentant des raies d'absorption très fines dues à des terres rares, M. **Jean Becquerel** réussit à reconnaître qu'une force magnétique modifie leurs bandes d'absorption. Les modifications, qui consistent, comme dans le phénomène de Zeeman, en décompositions et déplacements de raies, dépendent des orientations relatives de la force magnétique, de la vibration lumineuse et des directions principales du cristal.

Sans entrer dans le détail des observations de l'auteur, quelques-uns des résultats qu'il a obtenus, avec les remarques principales qu'il a ajoutées, doivent être indiqués.

1° Les déplacements des bandes d'absorption dans les cristaux sont, pour beaucoup d'entre elles, notablement supérieurs aux déplacements observés pour les raies des gaz et des vapeurs.

2° Entre la plus haute température que supporte un cristal et ses plus

basses températures, jusqu'à la température de solidification de l'hydrogène, les changements de période dans le champ magnétique sont indépendants de la température. Ce fait vient à l'appui d'une théorie de M. Langevin, d'après laquelle l'effet Zeeman est un des aspects du diamagnétisme.

3° Des dissymétries qui se manifestent dans la décomposition des raies, certaines sont dues à l'anisotropie du cristal, alors que d'autres semblent provenir d'un changement de stabilité des systèmes oscillants qui absorbent les vibrations lumineuses.

3° Il y a une différence capitale avec le phénomène de Zeeman. Tandis que, dans le phénomène de Zeeman des gaz et des vapeurs, les composantes magnétiques correspondant à des vibrations circulaires d'un même sens de rotation étaient toutes déplacées d'un même côté par rapport à la raie initiale; ici, dans le cas des cristaux, dans un même champ magnétique, les bandes d'absorption à vibrations circulaires de même sens ne se déplacent pas toutes du même côté. Si l'on applique la théorie de M. Lorentz, tout se passe comme si les bandes étaient dues, les unes à des électrons négatifs, les autres à des électrons *positifs* qui seraient ainsi entrevus pour la première fois. Toute interprétation du phénomène de Zeeman doit tenir compte de ce résultat.

II. En poursuivant ses recherches aux basses températures, M. Jean Becquerel a été conduit à inaugurer une Optique des hautes températures.

Les bandes d'absorption d'un corps absorbant prennent, s'il est fortement refroidi, une netteté remarquable en même temps qu'elles augmentent d'intensité. Des bandes appartenant à des terres rares, qui paraissent uniques dans les conditions ordinaires, se résolvent, à la température de l'air liquide, en composantes dont la finesse est souvent comparable à celle des raies des vapeurs.

Pour les bandes qui ne se résolvent pas, leur largeur, mesurée entre les maxima de perturbation de la courbe de dispersion, varie, entre des limites de températures assez étendues, proportionnellement à la racine carrée de la température absolue. Cette loi suggère une relation entre la largeur des bandes et l'agitation thermique.

Aux basses températures, les bandes des spectres de phosphorescence deviennent également plus fines, plus nettes et se résolvent souvent en composantes.

D'autre part, des solutions alcooliques de sels de terres rares, solidifiées à de basses températures, restent cependant transparentes. Aux basses

températures, leurs larges bandes des températures ordinaires se résolvent en fines composantes.

Après avoir observé ces phénomènes aux basses températures, M. Jean Becquerel a insisté sur le parti qu'on peut en tirer pour étudier les variations du spectre d'un même corps sous diverses influences et aussi pour l'analyse spectrale dans la recherche et l'isolement des terres rares.

Parmi les expériences ingénieuses que l'emploi des basses températures a permises à M. Jean Becquerel, on peut citer une démonstration du fait que, dans les cristaux doués de pouvoir rotatoire, la propriété de la rotation des vibrations est liée à leur absorption. Dans le cinabre, la dispersion rotatoire augmente rapidement au bord de la région lumineuse absorbée. Si l'on plonge le cristal dans l'air liquide, la région absorbée se déplace et la grande dispersion rotatoire suit la bande d'absorption.

III. Il serait trop long de passer en revue tous les travaux de M. Jean Becquerel ; toutefois, on ne peut pas omettre de signaler ses recherches sur la polarisation rotatoire magnétique, sa découverte du premier exemple de biréfringence magnétique dans un corps solide, biréfringence qui se produit pour les radiations voisines des bandes d'absorption. Mentionnons encore l'étude de la phosphorescence des sels d'uranyle qui seraient phosphorescents par eux-mêmes sans contenir une matière diluée étrangère, phosphorogène.

En raison de la nouveauté et de l'importance de ces travaux, du rôle considérable qu'ils ont joué dans le développement de la Magnéto-optique, la Commission vous propose à l'unanimité de décerner le prix Hughes à M. **Jean Becquerel**.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Amagat, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Bouty, rapporteur.)

M. **Rothé**, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, a débuté dans la Science en 1899, au laboratoire de M. Pellat, par des recherches sur les forces électromotrices de contact, les phénomènes électrocapillaires et l'interrupteur électrolytique de Wehnelt. L'auteur établit, en particulier,

que la force électromotrice correspondant au maximum de tension capillaire du mercure, au contact de l'eau acidulée, est relative à une solution saturée de sel mercureux dans l'acide sulfurique et non à l'acide sulfurique pur. Il prouve aussi que le fonctionnement de l'interrupteur de Wehnelt est susceptible de deux régimes, l'un stable, l'autre instable, et il indique les conditions du passage de l'un à l'autre de ces régimes.

Peu après ces intéressants travaux de début, M. Rothé s'attaque, après tant d'autres, à la difficile question de la polarisation des électrodes. Elle lui a fourni les éléments d'une remarquable Thèse de doctorat dont les résultats demeurent classiques. Grâce à l'emploi de l'oscillographe de M. Blondel, appliqué pour la première fois, dans ce travail, à la solution de questions de physique pure, M. Rothé a été assez heureux pour mettre en évidence et établir d'une manière indiscutable l'existence, dans les phénomènes de polarisation, de deux effets, l'un de surface, l'autre de volume, qu'on peut faire prédominer à volonté suivant la forme et la nature des électrodes. De plus, il a pleinement confirmé divers résultats antérieurement établis soit par Berthelot, soit par M. Bouty, par des méthodes toutes différentes, en particulier sur l'irréversibilité du phénomène de polarisation qui s'accompagne, dès le début, de la production d'actions chimiques, et sur la continuité des phénomènes de polarisation et d'électrolyse.

Après cette œuvre capitale, nommé maître de conférences à la Faculté de Grenoble, puis appelé à Nancy, où il a succédé à M. Blondlot comme professeur titulaire, M. Rothé a été conduit, par les nécessités des enseignements très divers dont il a été chargé, à s'occuper de questions variées; il y a fait preuve des mêmes qualités originales qui avaient signalé ses débuts.

Étudiant notamment la photographie interférentielle des couleurs découverte par M. Lippmann, il a obtenu des épreuves assez brillantes, sans miroir de mercure, et porté surtout son attention sur les phénomènes d'interférence qui produisent les franges entre la glace et la gélatine sensibilisée. Ces franges permettent, en somme, de voir les intersections des ondes stationnaires avec le plan de verre, et l'on fait simultanément les deux belles expériences de M. Lippmann et de Wiener.

M. Rothé a aussi étudié l'influence de la pression sur les phénomènes d'ionisation par les rayons X ou par le radium, et mis en évidence divers résultats intéressants, prévus ou non par la théorie des ions.

Ses travaux les plus récents se rapportent à la réception des radiotélégrammes avec des antennes très réduites. Il a été conduit à étudier

l'influence réciproque des antennes multiples en communication ou non avec le sol, et accidentellement, à faire des observations utiles sur les tremblements de terre, ainsi que sur l'influence des radiations solaires sur la propagation des ondes hertziennes. Pour ce dernier objet, il a mis à profit des observations faites lors de l'éclipse d'avril 1912.

M. Rothé a collaboré à l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques* (*actions à distance*), au *Recueil de Constantes* publié par la Société française de Physique.

Il a aussi publié un Livre de vulgarisation intéressant sur les *Applications de la télégraphie sans fil;* enfin et surtout, il n'a pas oublié que le plus beau rôle d'un professeur consiste à former des élèves. Quoique bien jeune encore, il a déjà inspiré plusieurs thèses qui font autant d'honneur à ceux qui les ont signées qu'au professeur qui en a indiqué le sujet, dirigé et contrôlé l'exécution.

C'est pour ce bel ensemble de travaux que l'Académie des Sciences récompense M. **Rothé** en lui décernant le prix de Parville, donné cette année pour la première fois.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Amagat, Bouty, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Villard, rapporteur.)

Le prix, d'une valeur de *deux mille francs*, est décerné à M. **R.-V. Picou**, ingénieur des Arts et Manufactures.

Les travaux de M. Picou comptent parmi ceux qui ont le plus contribué aux progrès accomplis depuis 25 ans dans le domaine de l'industrie électrique. Ses Ouvrages sur les générateurs et moteurs, sur les canalisations et les réseaux ont rendu aux électriciens les plus grands services, et les méthodes qu'il a instituées pour le calcul des dynamos et la prédétermination de leur fonctionnement sont aujourd'hui classiques. Dans un autre ordre d'idées, M. Picou a singulièrement facilité l'étude, si nécessaire, des qualités magnétiques des fers et aciers en créant un perméamètre qui, par son principe même, élimine l'influence des joints; aussi cet instrument est-il d'un usage courant dans les forges et ateliers de construction.

D'autres questions, non moins importantes, ont été heureusement résolues par M. Picou : dès 1888, par l'application judicieuse des pôles auxiliaires, dont l'idée première est due à M. Mengès, il améliorait considérablement la commutation, à cette époque souvent médiocre, desmachines électriques et augmentait ainsi notablement leur capacité d'utilisation.

Plus tard, il imagina, pour la régulation des groupes électrogènes à vapeur, un dispositif très remarquable dans lequel l'admission, au lieu d'être fonction de la seule vitesse, dépend à la fois de la tension et du courant, c'est-à-dire des deux facteurs de la puissance électrique. L'admission de la vapeur peut dès lors suivre, indépendamment de la vitesse et de la tension, les variations de la charge, et ainsi sont évités les ralentissements ou accélérations qui, avec les régulateurs ordinaires, constituent l'unique moyen de faire varier le couple moteur, obligeant ainsi à effectuer à la main, par la manœuvre d'un rhéostat, le réglage de la tension.

Signalons encore une étude très approfondie des efforts magnétiques souvent énormes qui peuvent naître dans les machines puissantes, et des électro-aimants à longue course pour la construction desquels M. Picou a donné une solution nouvelle, différente de celle déjà trouvée par M. Guénée, et dont le principe est le même que pour l'électromètre à cadrans; ces appareils sont aujourd'hui extrêmement répandus.

Les dynamos multipolaires sont fréquemment le siège de courants de circulation provoqués par de légères dissymétries et qui, dans les machines à grand débit, c'est-à-dire peu résistantes, peuvent acquérir des valeurs énormes. On n'avait pas réussi, jusqu'à ce jour, à les atténuer suffisamment pour pouvoir aborder la construction de très fortes machines à électrolyse. Tout récemment, M. Picou a résolu ce problème d'une manière extrêmement élégante en excitant la machine non plus à la manière ordinaire, mais par des courants alternatifs synchrones et de phase convenable, qu'une excitatrice, sans collecteurs ni balais, logée dans les inducteurs principaux et calée sur l'arbre de la machine, injecte dans l'induit de celle-ci par de simples connexions polyphasées. Ces courants alternatifs se partagent d'eux-mêmes autour des divers circuits magnétiques au prorata des réluctances et assurent ainsi la symétrie magnétique parfaite qui rend impossible la production des courants parasites.

Rappelons, en terminant, que sa haute compétence, universellement reconnue en matière d'électrotechnique, a valu à M. Picou d'être désigné pour organiser, en 1900, les services électriques de l'Exposition. C'était là une tâche d'autant plus ardue qu'à l'inverse de ce qui a lieu dans une station

centrale ordinaire, il s'agissait d'utiliser et associer des machines appartenant aux types les plus divers et dont l'ensemble représentait près de 40000 kilowatts.

La Commission a estimé qu'une carrière d'ingénieur, illustrée par de si utiles études et de si remarquables inventions, méritait d'être récompensée, et elle propose de décerner à M. **R.-V. Picou** le prix Gaston Planté.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Amagat, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

M. **Benjamin Chauveau** est l'auteur d'importantes recherches sur l'électricité atmosphérique, recherches poursuivies depuis vingt ans avec une ardeur d'autant plus méritoire que la voie ouverte jadis en France par Peltier y était restée trop longtemps abandonnée.

Notre atmosphère constitue un champ électrique sur lequel retentissent toutes les variations météorologiques et toutes les modifications locales. Par son extrême mobilité, ce champ semble défier toute étude. Cependant, au milieu de ses fluctuations incessantes, une observation attentive y révèle l'existence d'oscillations régulières, attestant l'action manifeste du Soleil. L'étude de ces oscillations ne pourrait-elle point faire découvrir la nature du lien mystérieux qui, à travers l'espace, unit électriquement la Terre au Soleil? Telle est la pensée hardie qui entraîna et soutint M. Chauveau dans son effort fécond.

Quand il aborda la question, la variation diurne du champ était généralement regardée comme présentant dans les vingt-quatre heures deux maxima et deux minima. Il fit voir qu'une influence du sol, jusqu'alors méconnue, influence liée à la température, et plus accentuée par conséquent en été qu'en hiver, masquait la loi véritable du phénomène. Il trouva que la variation diurne consiste en une oscillation unique, offrant un maximum pendant le jour et un minimum remarquablement fixe vers 4^h du matin.

Toutes les observations postérieures ont vérifié cette loi. Sur la glace des régions polaires, où l'influence du sol disparaît, les mesures de G.-C. Simpson dans l'Arctique et, plus récemment, la belle série d'observations

relevées par Rouch dans l'Antarctique, en ont fourni une remarquable confirmation. Par contre, l'influence du sol s'exagère dans les régions très chaudes, où elle reste la même, à faible hauteur, d'un bout à l'autre de l'année. En ce cas extrême disparaît la distinction des régimes d'été et d'hiver, établie par M. Chauveau comme régissant d'une façon générale les variations observées au voisinage du sol, distinction aujourd'hui classique et étendue depuis aux autres manifestations de l'électricité.

Pour démontrer la loi de l'oscillation unique, nettement indiquée dès l'année 1893, M. Chauveau a effectué pendant dix ans une double série de mesures simultanées, au niveau du sol et au sommet de la tour Eiffel. Il n'assura pas sans peine l'enregistrement continu de différences de potentiel de plusieurs milliers de volts, au voisinage de l'armature de la tour. Parmi les moyens ingénieux dont il sut user à cette occasion, nous citerons seulement l'emploi d'une cascade de condensateurs, étageant pour ainsi dire les potentiels entre la source et le sol, réalisant en fait une résistance considérable, commode et sans fuites. Ce procédé a été utilisé depuis par différents observateurs. Toutes les mesures furent faites au moyen de l'électromètre Thomson, sous la forme Mascart convenablement appropriée, et par enregistrement photographique continu. La continuité est, en effet, indispensable pour la mesure d'une quantité aussi changeante que le potentiel de l'air; et l'enregistrement photographique assure seul la délicatesse nécessaire, laquelle n'exclut pas la sûreté, comme l'ont prouvé les dix mois d'observations de Rouch, dans des conditions particulièrement difficiles. Les documents recueillis dans la double série de mesures relevées au voisinage du sol et au sommet de la tour Eiffel par M. Chauveau n'ont pas encore été tous mis en œuvre; il n'a pu jusqu'à ce jour en tirer que les quelques conclusions exposées dans les deux Mémoires publiés en 1902.

D'ailleurs, à cette époque, l'évolution survenue dans les idées sur l'électricité atmosphérique, par suite des travaux de C.-T.-R. Wilson et d'Elster et Geitel, relativement à l'ionisation de l'air, élargissait singulièrement le champ des investigations. Malgré les moyens restreints dont il disposait, M. Chauveau réussit à effectuer de nombreuses mesures de déperdition au Bureau Central, à la tour Eiffel, dans les Pyrénées, partout où il put opérer. L'ensemble de ces mesures n'est pas encore publié; mais M. Chauveau a déjà donné aux *Comptes rendus* quelques-uns des résultats les plus intéressants, telles les deux observations d'une ionisation négative extraordinairement intense de l'air au sommet de la tour Eiffel pendant des orages.

Nous avons dit combien l'état électrique de l'air est sensible aux plus faibles influences, lointaines ou locales. Il semble donc qu'on puisse demander à l'électromètre le pronostic de modifications plus ou moins prochaines, voire même la révélation d'actions encore insoupçonnées. Ce serait là une voie nouvelle, sur laquelle M. Chauveau a voulu planter un premier jalon dans sa Note relative à l'éclipse du 17 avril 1912, et où le météorologiste peut espérer trouver quelque aide pour les avertissements que réclament à l'envi tous ceux qui bravent les caprices de l'atmosphère.

Votre Commission vous propose d'attribuer à M. **Benjamin Chauveau** le prix Kastner-Boursault.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

CHIMIE.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Gautier, Lemoine, Le Chatelier, Jungfleisch, Schlœsing, Carnot; Moureu, Haller, Maquenne, rapporteurs.)

Ce prix, d'une valeur de *dix mille francs*, destiné à récompenser des travaux remarquables de Chimie organique, est partagé :

Un prix de *trois mille francs* est décerné à M. **Léger**, pharmacien en chef à l'Hôpital Saint-Louis.

Un prix de *deux mille cinq cents francs* est décerné à M. **Mailhe**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Un prix de *deux mille cinq cents francs* est décerné à M. **Amand Valeur**, professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie, à Paris.

Un prix de *deux mille francs* est décerné à M. **Fernand Bodroux**, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Rapport sur les travaux de M. Eug. Léger, *par M.* **Ch. Moureu.**

Les recherches de M. **Eug. Léger**, pharmacien en chef de l'Hôpital Saint-Louis, membre de l'Académie de Médecine, ont porté sur des

composés organiques naturels, principalement sur quelques alcaloïdes végétaux et sur les aloïnes.

Dans une longue et fort belle série d'expériences, poursuivies en commun avec M. Émile Jungfleisch, M. Léger a étudié l'action de la chaleur et de l'acide sulfurique dilué sur la cinchonine. Six alcaloïdes furent isolés parmi les produits de cette réaction : trois sont des isomères de la cinchonine, deux sont des oxycinchonines; le sixième, l'hydrocinchonine, préexistait dans la cinchonine mise en œuvre.

A la suite de cet important travail, M. Léger publia un Volume sur *Les alcaloïdes des quinquinas*, qui constitue encore aujourd'hui un des meilleurs Ouvrages que nous possédions sur le sujet.

M. Léger a extrait des touraillons d'orge un alcaloïde nouveau : l'hordénine, dont il a fait une étude approfondie et établi très complètement la constitution.

L'hordénine $C^{10}H^{15}NO$ est une base tertiaire possédant une fonction phénol. En relation étroite avec la tyrosine, elle appartient au groupe des tyrosamines de M. Armand Gautier : c'est la paraoxyphényléthyldiméthylamine. Plusieurs synthèses réalisées à l'étranger sont venues confirmer l'exactitude de laformule proposée par M. Léger.

Dans le *Pilocarpus microphyllus*, M. Léger, en commun avec M. Roques, a découvert un autre alcaloïde, que ces auteurs ont nommé *carpiline*. Cette base, qui répond à la formule $C^{16}H^{18}N^2O^3$ et qui est monoacide, présente la singulière propriété, quand on la chauffe avec de l'eau, de fournir, entre autres produits, de l'aldéhyde benzoïque. Par sa fonction lactone, elle se rapproche de la pilocarpine.

L'étude des aloïnes, qu'il a commencée en 1897, a occupé M. Léger pendant de nombreuses années. Ces substances, dont on ne connaissait nullement la nature, étaient classées alors sous la vague désignation de *principes amers*. M. Léger démontra qu'il s'agissait de véritables glucosides, formés par l'association de dérivés anthraquinoniques ou émodines avec l'arabinose-*d*, sucre qui, jusque-là, n'avait pas été rencontré dans la nature.

Les travaux de M. **Léger** sur les aloïnes l'ont amené, en outre, à étudier la constitution de l'acide chrysophanique, composé voisin des oxyméthylanthraquinones dérivées des aloïnes.

L'étude comparative qu'il fit des dérivés nitrés de ces divers composés lui permit d'apporter une contribution à la connaissance de la constitution de l'aloémodine.

Enfin, il constata que la barbaloïne et l'isobarbaloïne sont des isomères de position, que les aloïnes de l'aloës du Natal sont aussi des glucosides de l'arabinose-*d*, avec cette différence qu'elles fournissent dans leur dédoublement non pas un dioxyanthraquinonylcarbinol, mais un oxyméthoxyanthraquinonylcarbinol.

Cet ensemble de travaux, dont l'intérêt n'a d'égal que leur difficulté d'exécution, fait le plus grand honneur à leur auteur. Votre Commission ne pouvait moins faire que de les sanctionner par une part du prix Jecker.

Rapport de M. **Haller** *sur les travaux de M.* Mailhe.

Après s'être essayé à des travaux de Chimie minérale, notamment à des recherches sur les déplacements exercés par les oxydes métalliques sur les solutions des sels de divers métaux, M. **Mailhe** a abordé, en collaboration avec son maître, M. Sabatier, l'étude de l'hydrogénation, par l'intermédiaire du nickel divisé, de quelques molécules assez difficiles à hydrogéner. Parmi les nombreux corps mis en œuvre, nous ne citerons que les crésols et les xylénols, qui ont été transformés en méthylcyclohexanols, les anhydrides forméniques, les cétones acides et leurs sels, les cétones non saturées, les dicétones grasses et aromatiques, les quinones, les polyphénols, les carbylamines, la pyridine, le pinène, etc.

Beaucoup des produits ainsi obtenus ont servi de matière première pour l'élaboration de nouveaux composés. C'est ainsi que le cyclohexane chloré a conduit les auteurs à effectuer, avec la réaction de Grignard, la synthèse d'un grand nombre d'alcools nouveaux cyclohexaniques. Des condensations analogues ont été réalisées avec les cyclohexanones et leurs homologues.

D'autres travaux, effectués en collaboration avec son maître, ont eu pour objet l'utilisation des oxydes métalliques dans la synthèse organique.

Dès 1906 et 1908, les auteurs ont établi que, parmi les oxydes métalliques, les uns se comportent, vis-à-vis des alcools primaires, comme déshydrogénants, tandis que d'autres agissent comme déshydratants; il est enfin une troisième catégorie d'oxydes qui produisent les deux phénomènes à la fois, mais avec des intensités différentes. Dans le cours de ces travaux, ils ont été amenés à constater que l'oxyde de thorium possédait des propriétés catalytiques de premier ordre, ce qui a conduit à effectuer : la synthèse des amines, en dirigeant sur la thorine un mélange d'alcool et de gaz ammoniac ou d'amine; la synthèse des thiols par action de l'hydrogène

sulfuré sur les alcools, la synthèse des oxydes phénoliques symétriques ou mixtes, la préparation des éthers benzoïques et toluïques, etc.

En collaboration avec M. Murat, M. Mailhe a effectué : la réduction des dérivés nitrés au moyen du cuivre spongieux, par voie humide; la réduction des oximes aromatiques; une nouvelle préparation des chlorures d'acides basée sur l'emploi des organomagnésiens, et différentes autres recherches de moindre importance, comme les dérivés nitrés des oxydes de phényle et de crésyle.

Seul, il a réalisé l'hydrogénation des oximes et des amides, qui sont transformées en amines; la réduction des cétoximes lui a même permis de créer un moyen de préparation des amines secondaires des alcools secondaires dont on ne connaissait qu'un type jusque-là.

De 1907 à 1909, il a également publié un mémoire sur l'action de certains métaux divisés sur les acides et les anhydrides, mémoire qui l'a conduit à établir qu'on pouvait obtenir, par voie catalytique, des cétones symétriques.

L'étendue de la tâche accomplie depuis l'apparition, en 1901, de son premier travail, l'originalité des résultats obtenus dans les voies les plus diverses, la constance apportée dans l'œuvre poursuivie ont déterminé la Commission à décerner à M. **Mailhe** une partie du prix Jecker.

Rapport sur les travaux de M. Amand Valeur, *par M.* **Ch. Moureu.**

M. **Amand Valeur**, professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, secrétaire général de la Société chimique de France, a effectué des travaux dans le domaine de la Thermochimie, de la Chimie organique proprement dite et de la Chimie analytique.

Ses recherches thermochimiques, qu'il exécuta au laboratoire de Marcellin Berthelot, dans le groupe des quinones, des hydroquinones et des quinhydrones, et qui firent l'objet de sa thèse de doctorat ès sciences, ont permis de préciser la physionomie de la fonction quinonique. En vue d'élucider la constitution de la quinhydrone, M. Valeur a préparé une série de quinhydrones mixtes par des réactions métamériques. Il a pu formuler une règle générale permettant de prévoir avec quels paradiphénols une quinone déterminée peut former une quinhydrone mixte. Mentionnons encore, entre autres études thermochimiques, des recherches sur l'isomérie des quinones-oximes et des carbures nitrés.

Dans le domaine de la Chimie organique proprement dite, M. Valeur

s'est occupé, tout d'abord, du tétraiodoéthylène, dont il a éclairci les modes de décomposition par la potasse alcoolique. Il a produit, le premier, des glycols bitertiaires par l'action des composés organo-halogénomagnésiens de Grignard sur les éthers des acides bibasiques et sur certaines dicétones. Il a établi la structure de ces glycols et préparé leurs produits de déshydratation.

Mais c'est surtout dans l'étude chimique d'un alcaloïde, la spartéine, que M. Valeur a déployé son activité. D'après ce travail, qu'il a exécuté en commun avec M. Charles Moureu, et qui a été poursuivi, presque sans interruption, pendant dix ans, la spartéine $C^{15}H^{26}N^2$ est une base saturée, bitertiaire, donnant deux iodométhylates qui présentent un cas très net de stéréoisomérie à l'azote. L'application de la méthode d'Hofmann a fourni une série de bases non saturées, et finalement un carbure d'hydrogène six fois éthylénique : le spartéilène. Chemin faisant, un isomère de la spartéine a été obtenu, l'isospartéine, dont l'étude a prouvé que sa molécule renfermait une chaîne pyrrholidique au lieu et place d'une chaîne pipéridique dans la spartéine. Ces résultats éclairent d'un jour décisif la structure chimique de la spartéine, dont quelques points de détail seulement restent à préciser.

Votre rapporteur croit pouvoir se permettre d'accomplir ici un devoir personnel, en exprimant son sentiment au sujet de sa longue collaboration avec M. Valeur. Ce fut constamment, dans l'ordre théorique comme au point de vue expérimental, une collaboration étroite, où il serait difficile d'établir quelque différence entre les deux parts du mérite commun.

Dans le domaine de la Chimie analytique, M. Valeur a fait connaître une méthode simple de dosage du chlore et du brome chez les composés organiques, qui est basée sur la combustion préalable de ces composés au sein de l'oxygène comprimé dans la bombe calorimétrique.

Il a, en outre, préconisé un procédé de dosage volumétrique des paraquinones, dont M. Willstätter a fait récemment d'intéressantes applications.

Enfin, il est juste d'ajouter que, en dehors de ses travaux originaux, M. Valeur a publié, en collaboration avec M. A. Béhal, un important traité de Chimie organique, qui sert de la façon la plus heureuse la cause de l'enseignement de cette science dans notre pays.

Il a paru à la Commission que l'attribution d'une part du prix Jecker serait la légitime consécration de l'activité scientifique de M. **Valeur**.

Rapport sur les travaux de M. Fernand Bodroux, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, *par M.* **L. Maquenne.**

Les travaux de M. **Bodroux** portent surtout sur la bromuration des corps aromatiques et les composés organomagnésiens.

Complétant les recherches de M. Gustavson sur la bromuration en présence de bromure d'aluminium, il a fait voir qu'on peut ainsi pousser la substitution jusqu'à sa limite dans le noyau, tandis que les chaînes latérales sont, suivant leur nature et leur longueur, détachées, respectées ou substituées partiellement. On peut ainsi, dans certains cas, déterminer la structure des chaînes latérales dans les carbures aromatiques et, en particulier, M. Bodroux a reconnu que l'action des éthers simples des alcools gras primaires sur le benzène, en présence de chlorure d'aluminium, fournit toujours des composés de la forme $C^6H^5 - CR_1R_2R_3$, l'un des trois radicaux substituants pouvant être un atome d'hydrogène.

Les phénols monovalents se comportent comme les hydrocarbures, leur oxhydryle étant respecté; les amines phénoliques sont partiellement substituées; les dérivés nitrés, les aldéhydes et les acétones aromatiques restent inattaqués par l'halogène.

Le cyclohexane et son dérivé monométhylé, obtenus par catalyse, ne sont que partiellement attaqués, contrairement aux résultats obtenus avec les carbures de même formule extraits des pétroles russes; les carbures cyclohexéniques sont intégralement transformés; le cyclohexanol, les méthylcyclohexanols, la cyclohexanone et les méthylcyclohexanones donnent, en solution acétique bouillante, des monophénols polybromés.

M. Bodroux a observé que les combinaisons organomagnésiennes sont décomposées par l'iode, ce qui permet de préparer facilement les dérivés iodés, dans le noyau, des carbures aromatiques. L'oxygène donne un phénol ou un alcool, réaction qui a été étendue par M. Taboury au soufre et au sélénium (*Thèse pour le doctorat*).

Les dérivés halogénés dans le noyau des corps aromatiques donnent des organomagnésiens qui peuvent encore renfermer un atome d'halogène et possèdent toutes les propriétés des composés de Grignard.

Sur les organomagnésiens des amines phénoliques, les éthers-sels réagissent facilement avec formation d'anilides et d'uréthanes dans le cas du carbonate d'éthyle.

Avec le chloracétate d'éthyle, la réaction est normale lorsque le magné-

sium est uni à un chlore ou un brome; mais s'il est combiné à de l'iode, on obtient une acétanilide iodée. Ce résultat inattendu a conduit M. Bodroux, seul ou en collaboration avec M. Taboury, à étudier l'action de divers composés sur l'éthéro-iodure de magnésium : elle a été reconnue générale et donne, avec la plus grande facilité, les combinaisons iodées correspondantes.

En appliquant au cyanure de benzyle la méthode d'alcoylation à l'amidure de sodium, qui a fourni à M. Haller de si beaux résultats avec les cétones, ou encore en traitant le cyanure de benzyle monosodé par les éthers-sels, les aldéhydes, les acétones, les anhydrides et les chlorures d'acides, M. Bodroux a préparé un certain nombre de nitriles aromatiques complexes.

Avec M. Taboury, il a étudié l'action condensante du carbure de calcium sur les acétones aliphatiques, ce qui a conduit à un mode de préparation simple et peu coûteux de l'oxyde de mésityle.

On doit enfin à M. Bodroux un certain nombre de données relatives à la Chimie minérale, à la Chimie physique et à la catalyse; rappelons seulement, dans ce dernier ordre d'idées, que d'après ses recherches on peut, dans la préparation en grand de l'acétate d'éthyle, remplacer avec avantage l'alcool à 95° par un alcool à faible titre.

Toutes ces recherches présentent un caractère de précision qui leur assure une place définitive dans la science; elles témoignent en outre, de la part de leur auteur, d'un esprit de méthode et de fine observation que la Commission a été unanime à reconnaître et qu'elle propose à l'Académie de récompenser en attribuant à M. **Bodroux** une partie du prix Jecker pour l'année 1913.

PRIX CAHOURS.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Moureu, Schlœsing, Carnot, Maquenne.)

Ce prix annuel, d'une valeur de *trois mille francs*, décerné à titre d'encouragement à des jeunes gens qui se seront déjà fait connaître par quelques travaux intéressants et plus particulièrement par des recherches sur la Chimie, est partagé également entre : Mme **Ramart-Lucas**, M. **Paul Clausmann** et M. **E. Chablay**.

PRIX MONTYON (Arts insalubres).

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Schlœsing, Carnot, Maquenne; Moureu, rapporteur.)

Un prix de *deux mille cinq cents francs* est décerné à MM. **Desgrez** et **Balthazard**, pour leurs travaux relatifs à *la vie en atmosphère confinée*.

Une mention de *quinze cents francs* est attribuée à feu M. **Henriet**, pour ses *Travaux sur les impuretés de l'air de Paris*.

Rapport sur les travaux de MM. Desgrez *et* Balthazard.

Le problème, depuis si longtemps posé, de la vie en atmosphère confinée, n'avait pas reçu de solution simple avant les recherches que MM. **Desgrez** et **Balthazard** publièrent sur cette question en 1899, 1900, 1901 et 1902. On conçoit cependant combien la Physiologie et l'Hygiène sont intéressées à la solution de cet important problème.

Pour régénérer l'air vicié par le séjour d'un animal dans un espace clos, il faut non seulement produire l'oxygène nécessaire et absorber l'acide carbonique éliminé, mais encore fixer ou détruire les substances toxiques qui accompagnent l'acide carbonique. On conçoit, en outre, qu'il importe d'éviter de mettre en œuvre des réactions complexes et qui impliqueraient le concours de sources de chaleur. C'est en s'inspirant de cette considération primordiale que M. d'Arsonval a proposé, en 1882, une solution du problème consistant à faire absorber l'acide carbonique par la chaux sodée et à produire l'oxygène en faisant tomber de l'eau oxygénée sur un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique. La méthode imaginée par MM. Desgrez et Balthazard présente, comme la précédente, l'avantage de n'utiliser aucune source de chaleur. Elle offre, de plus, un caractère de grande simplicité, puisqu'elle ne met à profit que la décomposition par l'eau froide du bioxyde de sodium. Par une étude complète de cette réaction, les auteurs ont d'abord établi qu'elle répond bien aux trois conditions du problème : production d'oxygène, fixation d'acide carbonique, et, grâce à un pouvoir oxydant énergique, destruction des substances toxiques et volatiles éliminées par l'organisme. Ils ont ensuite démontré, par des expériences instituées sur le cobaye et le chien, la possibilité de prolonger la vie de ces animaux en vase clos, soit en provoquant la décomposition du

bioxyde par l'eau tombant goutte à goutte sur ce corps; soit, très simplement, en plaçant à côté d'eux du bioxyde en poudre, l'eau nécessaire à sa décomposition étant apportée par l'air expiré.

Dans les mêmes observations étendues à l'homme, le bioxyde tombait automatiquement dans l'eau d'un régénérateur, tandis qu'un appareil de ventilation assurait un contact suffisant entre l'air vicié et le milieu réagissant. Les auteurs ont ainsi fait construire un appareil portatif résolvant le problème de la régénération de l'air sous sa forme la plus ardue, étant donné le petit volume d'air dont on dispose; cet appareil, qui a été présenté à l'Académie par M. Bouchard, permet de pénétrer dans les milieux dont l'air est irrespirable : incendies, galeries de mines, fosses d'aisances, etc. Tout prêt à fonctionner, il ne pèse que 12^{kg}. Deux minutes suffisent à un homme exercé pour se mettre en état de l'utiliser immédiatement. Pour un séjour de 45 minutes dans l'appareil, l'homme dépense environ 150^{g} de bioxyde. On conçoit que des appareils de dimensions convenables permettraient le séjour d'équipes entières d'ouvriers dans des espaces confinés. Est-il besoin d'ajouter que la solution du même problème, consistant à utiliser l'oxygène comprimé, en fixant l'acide carbonique par un alcali, est moins complète que la précédente, en ce sens qu'elle ne met en jeu aucun processus auxiliaire d'oxydation?

La méthode proposée par MM. Desgrez et Balthazard a, d'ailleurs, reçu la sanction de la pratique, non seulement par l'application de son principe, mais encore dans l'utilisation, par la marine anglaise, d'un appareil présenté à l'Académie par M. Carpentier (séance du 6 janvier 1910), et ne différant que par quelques détails de celui que MM. Desgrez et Balthazard avaient été admis à faire fonctionner devant l'Académie le 13 août 1900.

Nous avons pensé que l'attribution du prix Montyon à MM. **Desgrez** et **Balthazard** sera une légitime consécration de leur intéressante et si utile découverte.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Schlœsing, Carnot, Maquenne; Moureu, rapporteur.)

Ce prix biennal, d'une valeur de *cinq cents francs*, destiné à récompenser des travaux de synthèse chimique, est décerné à M. **Ernest Fourneau**.

M. **Ernest Fourneau** s'est proposé, dans la plupart de ses travaux, d'obtenir des composés organiques médicamenteux par voie exclusivement synthétique. Il débuta, en 1903, par une brillante découverte, qui a exercé une influence aussi heureuse sur le développement de la Chimie thérapeutique que sur la carrière scientifique de l'auteur. M. Fourneau réussit à préparer artificiellement une substance dérivée d'un amino-alcool de la série grasse, la *stovaïne*, capable de produire l'anesthésie locale au même degré que la cocaïne, qui dérive, elle aussi, d'un amino-alcool, et sur laquelle le nouveau produit offre l'avantage d'une moindre toxicité. M. Fourneau fit connaître, à cette occasion, un grand nombre d'anesthésiques locaux de structure analogue, et toute une famille de médicaments chimiques fut ainsi mise à jour. La stovaïne (chlorhydrate de l'éther benzoïque du diméthylaminodiméthyléthylcarbinol) entra rapidement dans la pratique. Elle est utilisée couramment pour les opérations de petite chirurgie, en France et à l'Étranger.

Un domaine fécond venait d'être ouvert par les recherches de M. Fourneau. Il ne tarda pas à être largement exploré dans les laboratoires des Universités et de l'Industrie. Parmi la multitude d'anesthésiques qui furent étudiés, il convient de signaler tout spécialement le chlorhydrate de l'éther aminobenzoylé du diéthylaminoéthanol, qui est venu tout dernièrement, sous le nom de *novocaïne*, prendre rang dans l'arsenal thérapeutique à côté de la cocaïne et de la stovaïne.

Les méthodes de synthèse qu'il élabora, seul ou en collaboration avec M. Tiffeneau, pour mener à bien ses travaux sur les amino-alcools, M. Fourneau les mit en œuvre pour tenter de reproduire artificiellement un alcaloïde végétal, l'éphédrine de l'*Ephedra vulgaris*. Il a préparé ainsi cinq isomères de l'éphédrine. L'un deux ressemble tellement au produit naturel, qu'il en constitue vraisemblablement l'isomère inactif.

Guidé, comme il n'avait cessé de l'être dans ce qui précède, par diverses considérations théoriques, M. Fourneau fut encore conduit, notamment, à préparer une série de dérivés d'acides oxyaminés. L'un des nombreux corps ainsi obtenus (bromhydrate d'isovaléryldiméthylamino-oxyisobutyrate de propyle) figure aujourd'hui parmi nos meilleurs hypnotiques.

M. Fourneau a encore découvert une nouvelle classe d'antipyrétiques analgésiques : ce sont des dérivés des phénols et de la glycérine, dont le plus simple est le phénoxypropanediol.

Signalons également, comme produits intéressants, quelques types nouveaux de composés organiques à base d'arsenic et de mercure, en par-

ticulier l'éther benzarsinique de la quinine et le dioxydiaminomercurobenzol.

Mentionnons enfin, pour mémoire, divers autres travaux. En collaboration avec M. Émile Fischer, M. Fourneau a préparé le plus simple des polypeptides, la glycylglycine, qui a été le point de départ des innombrables recherches de l'illustre chimiste allemand sur la constitution des albuminoïdes. Avec M. Richard Willstätter, il a établi dans ses grandes lignes la structure moléculaire de la lupinine des semences de lupin. Il a extrait du *pseudocinchona africana* un alcaloïde cristallisé, la *corynanthine*, dont il a démontré l'isomérie avec l'*yohimbine*.

Qu'il me soit permis, en terminant, de faire remarquer que M. Fourneau a poursuivi ses principaux travaux dans un laboratoire industriel. C'est là que, malgré d'absorbantes occupations, il a trouvé le temps de s'adonner à des recherches originales, qui l'on conduit à la découverte d'une série de substances d'application thérapeutique. L'Institut Pasteur, avec son éclectisme accoutumé, a tenu à s'attacher, d'une manière complète et exclusive, un chercheur aussi méritant. Depuis deux ans, en effet, M. Fourneau est à la tête de l'important service de Chimiothérapie de cet établissement.

S'inspirant de la nature et de l'intérêt des travaux de M. **Fourneau**, la Commission propose de lui décerner le prix Berthelot.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX VAILLANT.

Prix *biennal* à sujet variable.

(Commissaires : MM. Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Moureu, Schlœsing, Carnot, Moureu.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante : *Découvrir une couche photographique sans grains visibles, et aussi sensible que le gélatinobromure actuellement en usage.*

Aucun Mémoire n'étant parvenu à l'Académie, la question est maintenue au concours pour l'année 1915.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, De Launay, Perrier, Bouvier; R. Zeiller, rapporteur.)

M. **Robert Douvillé** est l'auteur de travaux importants relatifs à certains groupes d'Ammonites de la France et de l'Amérique du Sud. Après en avoir décrit et précisé les espèces, il s'est attaché à les comparer et a cherché en mettre en lumière les lois de leurs variations dans l'espace et dans le temps.

Ainsi, à propos des formes du Pérou et de l'Argentine, il montre que certaines familles présentent des caractères tout particuliers, tel le groupe des Hoplitidés à côtes en chevrons, spécial à l'Amérique du Sud, pour lequel il a créé le genre *Favrella*. Parmi les espèces, les unes sont spéciales à l'Amérique du Sud et doivent être tenues pour autochtones, tandis que d'autres sont identiques aux formes d'Europe et doivent être considérées comme immigrées, à moins qu'elles n'aient émigré vers l'Est. M. Robert Douvillé a retrouvé dans l'Argentine le genre *Simbirskites*, considéré jusque-là comme exclusivement russe, et il fait remarquer que la répartition singulière de ce genre est un argument en faveur de la théorie neumayrienne des zones climatériques perpendiculaires aux méridiens.

Les faunes jurassiques si riches de la Normandie paraissant particulièrement propres à mettre en évidence les lois de l'évolution, M. Robert Douvillé a entrepris à ce point de vue l'étude des Ammonites, si abondantes dans les couches de Dives et de Villers-sur-Mer, et qui n'avaient pas encore été décrites d'une manière systématique. Il a publié successivement les descriptions de quelques-unes des familles les plus importantes.

Dans les Cardiocératidés, il a pu saisir et préciser le passage des *Stepheoceras* aux *Pachyceras*, des *Quenstedticeras* aux *Cardioceras*. C'est ainsi que le caractère spécial de ces derniers, consistant dans l'incurvation très accentuée des côtes en avant, apparaît déjà sporadiquement dans les *Quenstedticeras* : ce sont des *variations prémonitoires* antérieures à la *mutation*.

Dans les Cosmocératidés, l'auteur montre qu'il existe des variations brusques dans la forme de la coquille et dans la ligne suturale, et il les explique par un changement dans le mode de vie de l'animal, tantôt benthique (vivant sur le fond), tantôt nectique (nageur). Il signale également plusieurs cas curieux de parallélisme entre l'ontogénie et la phylogénie, les caractères des formes anciennes se retrouvant sur les jeunes des formes récentes.

Chez les Oppeliidés, un des caractères des plus frappants est l'irrégularité de l'évolution : certaines époques sont des époques de particulière mutabilité, où les formes varient dans plusieurs directions à la fois; c'est à ce moment que prennent naissance les rameaux nouveaux, tandis qu'en dehors de ces périodes l'évolution suit une marche lente et régulière. Il est intéressant de remarquer que ces époques exceptionnelles sont précisément placées le plus souvent à la limite des étages.

Ces exemples suffisent à mettre en lumière la valeur et l'intérêt des travaux de M. **Robert Douvillé**, et la Commission n'a pas hésité à lui attribuer le prix Delesse.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, De Launay, Perrier, Zeiller, Bouvier; Termier, rapporteur.)

Votre Commission est unanime à vous proposer d'attribuer le prix Joseph Labbé, pour 1913, à M. **Dussert**, ingénieur en chef au Corps des Mines, chef du Service des Mines de l'Algérie, à Alger, pour les deux Mémoires qu'il a publiés, aux *Annales des Mines*, sur les gisements métallifères de l'Algérie. Ces Mémoires sont, en effet, très importants et contribueront d'une façon vraiment efficace à la mise en valeur des richesses minérales de notre belle colonie africaine.

Le premier Mémoire a été publié en 1910; il est intitulé *Étude sur les gisements métallifères de l'Algérie*, et concerne les gîtes des métaux autres que le fer. Le deuxième Mémoire est une *Étude sur les gisements de fer de l'Algérie;* il a paru en 1912.

Chacun sait que le sous-sol algérien est très riche en minerais de fer, de

zinc et de plomb. Les gîtes de Mokta-el-Hadid, de la Tafna, de l'Ouenza, du Bou-Kadra, pour le fer; les gîtes du Nador, de l'Ouarsenis, du Guergour, du Bou-Taleb, de l'Ouasta, de l'Aïn-Arko, pour le zinc; les gîtes du Felten et du Mesloula, pour le plomb, méritent de demeurer classiques. Les autres métaux sont plus rares. Il y a cependant quelques mines de cuivre, telles que celle d'Oum-Théboul, près la Calle. M. Dussert s'est proposé de décrire la plupart de ces gîtes, en cherchant à les grouper d'après le mode probable d'origine, faisant, de la sorte, œuvre de géologue, tout autant que de mineur. De la lecture de cette longue suite de monographies, une claire vision se dégage de la métallogénie algérienne, et aussi toute une série de conclusions pratiques sur la manière de conduire les recherches dans un gîte donné, et de conduire la *prospection* dans une partie encore inexplorée de la colonie.

Les conditions géologiques de l'Algérie ne restent pas confinées dans le territoire algérien. On les retrouve, graduellement transformées, mais encore reconnaissables, d'une part en Tunisie, de l'autre au Maroc. Les études de M. **Dussert** intéressent donc les mineurs de Tunisie; et elles sont de nature à guider, dans notre nouveau pays de protectorat du Maroc, les nombreux mineurs qui vont y chercher fortune.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Lacroix, Barrois, Douvillé, Termier, De Launay, Perrier, Zeiller, Bouvier; Wallerant, rapporteur.)

Sous le titre d'*Esquisse géologique de la Seybouse et de quelques régions voisines* (¹), **M. J. Blayac** ne s'est pas borné à décrire un important domaine de la province de Constantine; franchissant les limites qu'il s'était fixées, il a étudié différentes questions controversées de la stratigraphie et de la tectonique générales.

La géologie de la région principale qu'il a décrite était fort mal connue. On ignorait, par exemple, l'existence du Trias, malgré l'étendue des territoires qu'il occupe. Les nombreuses discussions dont ce terrain a fait l'objet

(¹) 1 vol. in-8, 492 p., 53 fig., 6 pl. hors texte (*Bull. Serv. Cart. géol. de l'Algérie*).

l'ont conduit à analyser ses principaux affleurements, tant en Algérie qu'en Tunisie, et à insister sur le caractère constamment anormal de son gisement. Avec ses nombreuses cartes et figures, le Chapitre très documenté qu'il a consacré à cette formation n'est rien moins qu'une excellente mise au point de la question.

Son étude des terrains crétacés nous paraît tout aussi méritante. M. Blayac y décrit le géosynclinal nord africain avec ses variations de profondeur et de largeur pendant l'époque crétacée. Du Néocomien au Sénonien, les sédiments de mer profonde cantonnés dans la région du Nord sont caractérisés par des faunes d'Ammonites d'une richesse remarquable. Quand on s'avance vers le Sud, les faciès changent peu à peu et l'on voit des sédiments néritiques, récifaux ou sublittoraux prendre la place des premiers. Dans cet ordre d'idées, M. Blayac a montré notamment que certaines formations aptiennes à Ammonites, d'âge longtemps indéterminé, passent à des calcaires à Rudistes, très répandus sur les hauts plateaux algériens.

Après avoir soumis à une analyse comparée les terrains crétacés d'Algérie et de Tunisie, M. Blayac a établi, pour l'ensemble de ces deux régions, une série de cartes paléogéographiques auxquelles tous ceux qui étudieront la géologie de l'Afrique du Nord devront se reporter. Ces cartes fixent la répartition des faciès aux principales périodes crétacées et démontrent de façon très claire que ces faciès s'ordonnent invariablement en zones sensiblement parallèles à la direction du littoral actuel. La découverte de cette loi de répartition des faciès est assurément la plus importante de la thèse de M. Blayac.

Quoique moins bien représentés que les précédents, les terrains tertiaires ont été également l'objet d'une description très instructive. Nombre de questions relatives à l'âge de certains calcaires à Nummulites, des couches de phosphate de chaux, des formations néogènes lacustres et marines de l'Est constantinois ont été élucidées par M. Blayac.

La tectonique du pays, que les travaux de l'auteur nous ont révélée très simple, est brièvement exposée. Une carte hors texte des plus expressives en fait ressortir les traits essentiels. On y voit les plis orientés Nord-Est, Sud-Ouest, présentant de distance en distance de grandes boutonnières, laissant affleurer le Trias, toujours en contact anormal avec les terrains susjacents. Il en résulte que là, comme en d'autres régions, les affleurements du Trias correspondent à des points singuliers.

Le Mémoire comprend un aperçu géographique qui mérite d'être men-

tionné. Le réseau hydrographique, le relief, son influence sur la répartition de la population et sur la colonisation y sont décrits avec le plus grand soin.

Qu'on l'envisage comme source de documents ou comme étude de Géologie analytique et comparée, la thèse de M. **Blayac** est sans contredit une très précieuse contribution à la connaissance de la géologie africaine. A l'unanimité, la Commission l'a jugée digne du prix Raulin.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier; Mangin, rapporteur.)

Les Laboratoires maritimes créés dans les différentes parties du globe sont des établissements précieux pour la biologie des mers. Pour la facilité des recherches anatomiques et physiologiques, il serait intéressant de connaître la nature des ressources zoologiques et botaniques que chaque station possède.

Dans un certain nombre de ces stations il est relativement facile, en compulsant les diverses monographies publiées, de reconstituer l'aspect de la végétation ou de la faune. Mais la plupart des laboratoires n'ont même pas ces documents sur l'inventaire de leurs richesses. Aussi le travail de M. **Hariot** sur la flore algologique de la Hougue et de Tatihou est-il le modèle des documents que chaque station devrait posséder.

La région de la Hougue et de Tatihou, par sa nature géologique, est si favorable à l'étude des types marins que depuis longtemps les naturalistes avaient choisi Saint-Vaast pour y poursuivre leurs recherches. Milne-Edwards et Audoin, de Quatrefages, Thuret et Bornet y ont trouvé les matériaux de remarquables découvertes.

D'après le travail présenté à votre Commission, la proximité de Cherbourg où se révèle une belle flore océanique donne un grand intérêt à la flore de Tatihou, essentiellement caractéristique des baies. Si les différents niveaux y sont bien marqués dans la zone extérieure, la région du Rhun, qui sépare Tatihou de Saint-Vaast, émergée au moment des basses mers, présente un remarquable mélange des zones de végétation et l'on y voit les Floridées, les Laminaires y voisiner avec les Fucus, à une zone relativement élevée : ce sont là des conditions éminemment favorables à l'étude de formes qu'il faut parfois chercher bien loin dans d'autres régions. Si M. Hariot a limité son inventaire à la région de Tatihou et de la Hougue et a compris l'intérêt d'une comparaison avec les régions voisines qui s'étendent jusqu'à Cherbourg, sur plus de 400 espèces trouvées à Tatihou, il y en a 114, plus du quart, qui manquent à Cherbourg, tandis que 68 espèces de cette dernière région manquent à Tatihou. Les localités de Barfleur et de Gatteville constituent des zones intermédiaires et augmentent l'intérêt de cette côte pour l'étude des algues.

Après avoir fait connaître les conditions générales de la végétation, l'auteur donne la liste des espèces localisées autour du laboratoire. Cette énumération très complète est accompagnée de données originales et critiques sur la biologie d'un certain nombre d'espèces. Parmi ces données les unes proviennent de documents inédits puisés dans l'herbier Thuret, d'autres sont spéciales à l'auteur.

Signalons notamment les descriptions relatives au genre *Fucus*, accompagnées des résultats de l'expérience faite par l'auteur sur la rapidité de croissance de ces plantes, aux Laminaires, aux Ectocarpacées, au *Colpomenia*, au *Polysiphonia rhunensis*, espèce spéciale à Saint-Vaast, etc.

Le travail eût été incomplet si l'auteur, profitant de ses nombreux séjours à Tatihou aux diverses saisons, n'avait retracé à la fin de son Mémoire la physionomie de la végétation pour chacune des saisons de l'année. On embrasse ainsi rapidement le cycle de végétation de la plupart des espèces et les visiteurs en quête de matériaux d'étude sont sûrs de rencontrer, au moment et à un endroit déterminé, les types nécessaires à leurs recherches.

L'abondance et la précision des documents, la clarté des descriptions font de l'inventaire publié par M. Hariot une œuvre originale et nouvelle.

Votre Commission est unanime à vous proposer d'attribuer à M. **Hariot** le prix Desmazières.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier; Mangin, rapporteur.)

M. Gain, naturaliste à bord du *Pourquoi-Pas?* pendant la seconde expédition dirigée par le D[r] Charcot dans l'Antarctique, a rassemblé les matériaux d'une flore algologique de ces régions; c'est ce travail qu'il a présenté à votre Commission.

Après un historique sur les diverses expéditions qui se sont succédées dans l'Antarctique et qui ont fait connaître 63 espèces d'algues, M. Gain fait le dénombrement des espèces qu'il a rapportées. Sur 41 espèces, 11 ont été trouvées pour la première fois dans l'Antarctique, 7 sont nouvelles et une variété nouvelle, ce qui porte à environ 82 espèces les algues végétant dans les régions situées au-dessous du 60[e] degré de latitude Sud.

Dans une étude systématique très fouillée, l'auteur fait connaître la morphologie des espèces qu'il a rencontrées et, à ce point de vue, son travail constitue une série de monographies originales qui mettent définitivement au point l'histoire de formes nouvelles et peu connues. Signalons l'étude du *Monostroma Hariotï*, curieuse Ulvacée qui accomplit sa période de végétation en 5 à 6 semaines, du *Monostroma applanatum;* l'analyse critique des Desmarestiacées essentiellement caractéristiques de l'Antarctique, puisqu'on n'y compte pas moins de dix espèces; celle de l'*Adenocystis Lessonii*, dont les affinités étaient contestées. L'étude des appareils reproducteurs a permis à M. Gain de les détacher des Encéliacées pour les replacer dans les Laminariacées.

A propos des *Iridæa*, l'auteur a fait un travail de revision complet et, d'après ses données, toutes les formes distinguées comme espèces doivent être fondues en une seule espèce, *Iridæa cordata*, remarquable par son polymorphisme. La *Gracilaria simplex*, dont on ne connaissait que quelques exemplaires incomplets, a été rencontrée à l'île Petermann en si grande abondance à tous les âges qu'il a été possible d'établir le cycle de son développement, abstraction faite des cystocarpes qui n'ont pas été observés.

Ces études systématiques ont été complétées par des observations faites au cours de l'expédition et, malgré de grandes difficultés, sur la nature des côtes, la salinité, l'influence des marées, des glaces, etc.

L'influence des glaces est tout à fait caractéristique de l'Antarctique. Au moment de la dislocation des glaces côtières, les glaces flottantes qui en résultent exercent, en raison de l'agitation constante de la mer, une érosion puissante sur les rivages : elles rendent impossible tout développement de plantes vivaces. Seules les crevasses, les anfractuosités ou les petites plages soustraites à cette puissante érosion se peuplent de végétaux dont le développement doit s'accomplir en quelques mois. L'histoire du *Monostroma Harioti* est à cet égard très caractéristique. L'allure spéciale des algues calcaires, toujours à l'état de croûtes peu épaisses, est aussi un caractère propre à la région antarctique.

M. Gain distingue, à l'aide des données physiques qu'il a pu rassembler, la *Zone littorale* comprise entre les niveaux de la haute et de la basse mer. Elle est peuplée d'algues calcaires, avec *Urospora penicilliformis*, *Monostroma Harioti*, *Adenocystis Lessonii*, *Gracilaria simplex*, etc.; la *Zone sublittorale* de la basse mer a environ 40^{m} de profondeur; c'est la zone à *Desmarestia*, dont les diverses espèces sont accompagnées par *Phyllogigas grandifolium*, *Lessonia dubia*, *Curdiea Racovitzæ*, *Gigartina Radula*, *Plocamium coccunum*, *Callymenia antarctica*.

La région élittorale jusqu'à 150^{m} est encore peu connue; elle paraît, toutefois, extrêmement pauvre.

En résumé, la flore algologique de l'Antarctique est une flore monotone dont les espèces, peu nombreuses, sont réparties très uniformément à cause des faibles variations des conditions physiques.

Dans une deuxième Partie, M. Gain compare la flore subantarctique, comprise entre le 48° de latitude et le 60°, à la flore antarctique et fournit d'intéressants tableaux sur les éléments constitutifs de la flore de la Géorgie du Sud, de la région Sud-américaine, de Kerguelen, d'Auckland et de Campbell.

Dans la comparaison entre la flore arctique et antarctique, M. Gain montre que l'hypothèse de Murray ne rend pas compte des différences observées entre les deux flores, car si certaines espèces sont identiques, beaucoup sont différentes, et pour certaines familles il n'existe pas d'espèces communes aux deux régions : c'est le cas, notamment, pour les Fucacées et les Laminariacées.

Chez les Laminariacées, *Adenocystis*, *Ecklonia*, *Lessonia*, *Macrocystis*, *Phyllogigas*, *Phæoglossum* sont spéciaux aux régions polaires du Sud; *Saccorhiza*, *Chorda*, *Alaria*, *Laminaria*, *Agarum* sont localisés dans les régions du Nord.

M. Gain termine son importante étude par une contribution étendue à la flore algologique d'eau douce de la région antarctique ainsi qu'à la connaissance des organismes qui constituent la Neige rouge et la Neige verte.

En somme, le Mémoire de M. Gain constitue un travail très consciencieux, riche en observations originales, avec une bibliographie très complète. C'est actuellement le travail le plus étendu publié sur la région antarctique, car celui de M. Skottsberg, auquel on peut le comparer, ne comprend que les Phéophycées.

Aussi notre Commission est-elle unanime à vous proposer d'attribuer le prix Montagne à M. **Gain**.

Les conclusions de ce rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Prillieux, Zeiller, Mangin, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier; Gaston Bonnier, rapporteur.)

Parmi les Mémoires présentés pour le prix de Coincy, la Commission a retenu cette année celui de M. **Marcel Dubard** intitulé « Les Sapotacées du groupe des Sidéroxylées », accompagné de diverses Notes, descriptions et articles sur diverses plantes de cette famille.

Le groupe des Sidéroxylées n'avait été classé jusqu'à présent qu'à l'aide de caractères assez incertains et variables, tels que le nombre des carpelles ou celui des sépales, le plus ou moins grand développement de l'albumen.

L'auteur a fait voir que ces caractères présentent de très grandes variations chez des plantes qui se rapprochent beaucoup les unes des autres par leur morphologie générale.

M. Dubard a trouvé au contraire des caractères très nets qui permettent d'établir une classification satisfaisante dans ce groupe de plantes qui était resté dans un état chaotique.

La graine à micropyle opposée au hile ou rapprochée du hile, ce qui tient à deux modes différents d'insertion des ovules, la disposition des staminodes, la structure de l'embryon, permettent d'établir quatre séries bien définies de Sidéroxydées. C'est dans ces quatre grandes divisions que l'auteur range successivement les genres qu'il décrit avec soin, en donnant pour chacun d'eux l'énumération des espèces avec leur synonymie complète, les localités où on les a trouvées, et toute la bibliographie qui s'y rapporte.

La définition précise des genres, appuyée sur des figures originales et résumée dans des Tableaux dichotomiques, est accompagnée de remarques critiques, et l'ensemble de ces descriptions méthodiques apporte une grande clarté dans l'exposé de cette classification complexe, dans laquelle les espèces et les genres ne se prêtent aucunement à une disposition linéaire.

Ajoutons qu'au cours de ces études, M. Dubard, utilisant les documents nombreux que lui ont envoyés ses correspondants, a décrit et figuré un certain nombre d'espèces de premier ordre qui sont entièrement nouvelles.

La Commission, considérant aussi les travaux de l'auteur sur de nombreuses plantes exotiques appartenant à des groupes très différents des Sapotacées et dans lesquels il a révélé encore des espèces inédites, ainsi que de ses recherches anatomiques appliquées à la Botanique descriptive, attribue le prix de Coincy à M. **Marcel Dubard**.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Commissaires : MM. Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier; Guignard, rapporteur).

Le sujet proposé pour le Grand Prix des Sciences physiques en 1913 était le suivant : *Étude géographique de la flore de l'Afrique occidentale française.*

Aucun candidat n'aurait pu présenter, pour ce prix, un ensemble de travaux comparables à ceux de M. **Auguste Chevalier**, dont on connaît les importantes explorations scientifiques dans les colonies françaises de l'Ouest africain. Au cours de sept voyages successifs accomplis de 1898 à 1912, il a parcouru plus de 50000^{km} dans des régions pour la plupart encore inconnues au point de vue de la Géographie botanique et souvent même complètement inexplorées.

De ces voyages, il a rapporté en France des matériaux très précieux pour la connaissance de la flore de ces régions, en particulier de nombreux produits utiles d'origine végétale, des spécimens de bois se rapportant à plus de 400 espèces de la forêt vierge de la Côte d'Ivoire et du Gabon, une importante collection carpologique et surtout un herbier qui comprend environ 120000 échantillons, appartenant à près de 6000 espèces, et dont 20000 ont déjà été distribués à divers grands établissements botaniques d'Europe.

Dans l'intervalle de ses explorations, il a consacré tout son temps à l'étude systématique des plantes recueillies et à des recherches sur la biologie et la distribution géographique des espèces, de façon à déterminer les caractéristiques de la flore de nos diverses colonies de l'Afrique occidentale et de l'Afrique équatoriale. Son attention s'est portée principalement sur l'étude des espèces utiles : plantes à caoutchouc, à gomme, à huile, céréales, tubercules, etc.

Les résultats de ces travaux ont paru dans de nombreux Recueils de Botanique pure ou appliquée et d'Agriculture coloniale, ou bien ils ont fait l'objet de publications spéciales, parmi lesquelles il convient de mentionner les suivantes : *Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale française*, Ouvrage commencé en 1904 et comprenant déjà sept tomes, dont cinq dus à M. Chevalier et deux à ses collaborateurs, et dans lesquels on trouve d'importantes monographies concernant les Kolatiers, le Cacaoyer, le Karité, les bois de la Côte d'Ivoire, le Palmier à huile; — *Novitates floræ africanæ*, dont la publication, renfermant les diagnoses des espèces nouvelles, se poursuit depuis 1907 dans les Mémoires de la Société botanique de France; — *Sudania*, énumération des plantes récoltées en Afrique tropicale de 1898 à 1910; — *Plantes cultivées par les indigènes* dans cette même région, etc.

Au retour de son premier voyage, M. Chevalier avait fait connaître qu'il existe, entre le Sahara et la forêt vierge équatoriale, un certain nombre de zones caractérisées chacune par une flore spéciale. Ces zones s'étendent de l'ouest à l'est sur presque toute la largeur de l'Afrique et vont en se rapprochant de l'équateur à mesure qu'on s'avance vers l'intérieur du continent; elles sont au nombre de trois :

1° La zone nord, ou sahélienne, peuplée d'arbustes épineux, la plupart du genre *Acacia;* la steppe s'y montre nue sur de grands espaces, mais elle se couvre à l'hivernage de nombreuses Graminées et Légumineuses annuelles;

2° La zone moyenne ou soudanienne, pays de savanes avec bouquets d'arbres espacés, donnant à la brousse l'aspect d'un vaste parc dont le sol serait recouvert de touffes de Graminées vivaces, incendiées chaque année par les feux de brousse;

3° La zone sud ou guinéenne, caractérisée par une végétation arborescente plus épaisse, avec de grands arbres souvent enlacés de lianes

à proximité des cours d'eau; les Monocotylédones y sont fréquentes, elles indiquent la proximité de la forêt vierge.

M. Chevalier a retrouvé, en 1902-1903, les mêmes zones au centre de l'Afrique et reconnu qu'elles étaient caractérisées par les mêmes espèces végétales depuis l'Atlantique jusqu'au moyen Nil. Cette division en trois zones des territoires de la végétation de l'Afrique occidentale a été admise depuis par la plupart des phytogéographes et en particulier par M. A. Engler, dans son grand Ouvrage intitulé : *Die Pflanzenwelt Africas* (1910).

Au cours de ses voyages ultérieurs, M. Chevalier a été amené à étudier la végétation des territoires situés au sud de ces zones et notamment celle de la forêt vierge de la Côte d'Ivoire, du Gabon et du moyen Congo.

Après avoir tracé les limites de cette forêt vierge dans nos colonies africaines, il a fait connaître l'existence d'une flore subalpine dans les régions montagneuses de la Guinée française et de la Haute Côte d'Ivoire, caractérisée surtout par la présence de certains genres de la flore d'Europe, de l'Afrique du Sud et de l'Afrique du Nord, et aussi par l'existence des Fougères arborescentes (du genre *Cyathea*), qui manquent complètement dans les parties basses de l'Afrique tropicale.

Enfin, en 1905, l'ascension du Pic de San-Thomé lui permettait de constater, au-dessus de 2000^m, outre les espèces de la flore subalpine africaine, la présence de Conifères (*Podocarpus*) et de Bruyères arborescentes.

La plupart de ces observations ont d'abord été reportées sur diverses cartes publiées dans les Ouvrages que nous avons mentionnés précédemment, et toutes les données recueillies en Afrique occidentale française ont servi ensuite à établir une grande Carte botanique et forestière au $\frac{1}{3000000}$ qui a été présentée à l'Académie en 1911 et a pu être publiée, en 1912, par les soins de la Société de Géographie, grâce à la générosité toujours en éveil de notre Confrère le Prince Roland Bonaparte.

Outre les limites des différentes zones de végétation, cette Carte met sous les yeux la répartition géographique d'un certain nombre de végétaux choisis parmi ceux qui sont les plus utiles au point de vue alimentaire, économique ou industriel. Leur importance devait attirer spécialement l'attention. Aussi M. Chevalier a-t-il étudié avec grand soin les plantes à caoutchouc, telles que les *Landolphia*, *Clitandra*, *Carpodinus*, et surtout le *Funtumia elastica*, découvert par lui dans la Guinée française, la Côte d'Ivoire et le Congo français, et qui est aujourd'hui la source de caoutchouc

la plus exploitée dans ces deux dernières colonies. Parmi les nouvelles espèces de Caféiers dont il a démontré la spontanéité incontestable au milieu de la forêt vierge, sur les rives du Congo et dans les montagnes du Fouta-Djalon, celle qu'il a trouvée dans le bassin du Chari et désignée sous le nom de *Coffea excelsa* commence à être cultivée, sur ses indications, dans plusieurs régions du globe et notamment à Java. C'est aussi grâce à M. Chevalier que nous possédons actuellement des indications précises sur l'aire de répartition, très vaste, de l'*Acacia Vereck*, le plus grand producteur de gomme arabique; sur les végétaux dont les fruits ou les graines sont riches en matières oléagineuses, tels que le palmier *Elœis* et le Karité; sur les arbres qui fournissent des acajous estimés et sur des centaines d'autres essences croissant en abondance dans la forêt vierge de la Côte d'Ivoire et du Gabon, où leur existence était restée auparavant à peu près inconnue.

Il nous est impossible de rendre compte, dans ce Rapport, de l'énorme masse de documents rassemblés par M. Chevalier au cours de ses missions. L'aperçu qui précède suffira peut-être à donner une idée de la haute valeur de l'œuvre qu'il a poursuivie pendant ces quinze dernières années, avec une rare intelligence et une vaillance infatigable, à travers des régions où l'explorateur rencontre à chaque instant des difficultés et des dangers de toute nature.

Ces travaux n'offrent pas seulement une importance exceptionnelle au point de vue purement scientifique, ils ont aussi un intérêt pratique de premier ordre pour la mise en valeur de nos colonies africaines.

La Commission se félicite de pouvoir donner à M. **Auguste Chevalier** un témoignage de son estime pour les services qu'il a rendus à la Science et au Pays en proposant à l'Académie de lui décerner le Grand Prix des Sciences physiques.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier; Mangin, rapporteur.)

Votre Commission a retenu pour ce prix les intéressantes Communications publiées par M. **Étienne Foëx**, sur les *Erysibacées*.

On a longtemps admis que le mycélium de ces parasites est externe, seuls les suçoirs pénétrant dans les cellules épidermiques assurent leur nutrition en épuisant l'hôte qui les porte.

Les observations de Polla, de Gr. Smith et de Salmon démontrent que cette conception générale est trop absolue. Salmon, en particulier, a distingué des Erysiphées à mycélium toujours externe, les Phyllactinées et les Oïdiopsidées à mycélium interne.

M. Foëx a publié sur l'*Oidiopsis taurica*, végétant sur le Sainfoin, le *Mercurialis tomentosa* et le *Phlomis Herbaventi*, une analyse anatomique très précise ; il nous fait connaître le développement très spécial des conidies semblables à celles du *Phyllactinia corylea* et les relations du mycélium avec la plante hospitalière. Chez le Sainfoin, le mycélium est entièrement interne ; chez la Mercuriale, il se développe quelques filaments externes, et enfin, chez Phlomis, le parasite constitue un revêtement externe très épais à la face inférieure des feuilles. En tous cas, on n'observe jamais les suçoirs épidermiques, si caractéristiques des Erysiphées.

Dans un second travail, M. Foëx a étudié le mécanisme de la formation des conidiophores et distingue quatre types, deux spéciaux aux Érysiphées vraies, le premier déjà décrit par Berlese pour l'*E. Graminis*, avec une cellule de base, constituant à la fois le pédicelle et la cellule génératrice des cellules mères des conidies, *Sphærotheca pannosa*, *Sp. Humuli*, *Erysiphe Cicho acearum*.

Le deuxième type, *Erysiphe Polygoni*, *Microsphaera Mougeotii* présente une cellule pédicelle surmontée d'une cellule mère destinée à donner des conidies par les divisions successives.

C'est à ce groupe qu'appartient, d'après l'auteur, l'Oïdium du Chêne dont les conidiophores présentent un polymorphisme tel qu'il est impossible de fonder un caractère distinctif sur les conidies comme le voulaient certains auteurs.

Les deux derniers types appartiennent l'un au *Phyllactina*, l'autre à *Oidiopsis*.

Les données fournies par M. Foëx offrent un grand intérêt pour la dénomination provisoire des formes oïdiennes dont on ne connaît pas les périthèces.

L'Oïdium du Chêne était dans ce cas jusqu'au moment où MM. Arnaud et Foëx ont découvert ses périthèces, dans le Gard, sur des pousses automnales de Chêne. Griffon et Maublanc ayant cru faire de ce type une espèce spéciale, le *Microsphaera alphitoides*, M. Foëx a repris l'étude

de la question en comparant les échantillons de *Microsphaera* américains et ceux signalés en Europe. Après une discussion très serrée, fondée sur l'examen des fulcres, M. Foëx formule une conclusion qui nous paraît en tous points justifiée.

Les *Microsphaera* des chênes se rapportent bien tous au *M. Alni* au sens large, c'est à peu près l'opinion de Salmon, mais ils se distinguent du *M. Alni*, de l'Aulne, par un ensemble de caractères qui permettent de les réunir en une espèce particulière, le *M. quercina* (Schw.).

Observateur sagace, très versé dans la technique anatomique, ennemi de la spécialisation à outrance qui aboutit à la spécialisation des espèces, M. **Foëx** a fait preuve de qualités solides qui autorisent votre Commission à le proposer à vos suffrages pour le prix Thore.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX DE LA FONS-MELICOCQ.

(Commissaires : MM. Guignard, Prillieux, Zeiller, Mangin, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier; Gaston Bonnier, rapporteur.)

L'étude de la végétation des vallées tourbeuses de Picardie a été faite par M. **Eugène Coquidé**, non seulement en envisageant la répartition des espèces végétales, mais aussi au point de vue de leur anatomie ainsi que de leur adaptation, et cette étude est complétée par d'intéressantes recherches expérimentales.

L'auteur fait voir qu'il existe dans ces vallées deux formations principales : l'une marécageuse, dont la végétation est constituée par des plantes aquatiques banales ; l'autre non marécageuse, à flore comprenant surtout des espèces qui présentent les caractères de celles croissant sur des sols secs. Ces derniers caractères sont apparents par l'aspect nain des espèces, la réduction de leurs feuilles et se trouvent révélés d'une manière plus profonde par les résultats que fournit l'examen de leur structure anatomique : cuticule épaisse, développement du collenchyme, réduction de la grandeur des cellules, abondance des tissus liquéfiés fibreux, moindre abondance des vaisseaux, augmentation des tissus à réserve d'eau, etc.

Or, le climat de la Picardie est loin d'être un climat sec; c'est donc que le sol tourbeux, lorsqu'il n'est pas recouvert par de l'eau, agit physiologi-

quement comme un sol desséché. Les observations et les expériences de l'auteur donnent l'explication de ce fait, en apparence paradoxal. Il montre en effet que, par suite de la forte capillarité de la tourbe, des propriétés osmotiques des substances qu'elle renferme et de sa nature colloïdale, le pouvoir absorbant de la tourbe pour l'eau est très considérable. Ainsi s'expliquent, par des propriétés desséchantes de la tourbe, la forme et la structure des plantes qui la recouvrent.

Ce Mémoire, en dehors des considérations générales et de l'exposé de la partie expérimentale de ces recherches, contient l'étude très détaillée de vingt-six espèces de tourbières, comprenant les mesures comparées de leurs différents organes, les caractères de leur morphologie externe ou interne, accompagnée de nombreuses photographies donnant l'aspect extérieur de ces plantes ou rendant compte de la structure anatomique des différentes espèces.

Telles sont les raisons qui ont engagé la Commission à accorder le prix De La Fons-Melicocq à M. **Eugène Coquidé.**

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES.

(Commissaires : MM. Schlœsing père, Chauveau, Müntz, Roux, Schlœsing fils, Guignard et Prillieux; MM. Tisserand, Maquenne, rapporteurs.)

Professeur à l'Institut national agronomique, collaborateur constant de son illustre maître Marcelin Berthelot dans toutes ses recherches relatives à la végétation, M. **Gustave André** était mieux que tout autre capable de rassembler et de discuter les documents aussi bien que les théories qui intéressent l'agriculture dans ses rapports avec la production végétale.

La publication de l'Encyclopédie agricole que dirige M. Wery lui a fourni l'occasion de le faire, et l'Ouvrage que M. André nous présente est de ceux dont on peut dire qu'ils marquent avec exactitude l'état actuel de la science dont ils empruntent le titre.

La science agronomique comprend deux parties bien distinctes : d'une part, l'étude de l'évolution de la plante, depuis le semis et la levée de sa graine jusqu'au moment de sa récolte, par conséquent celle de ses fonctions et de ses rapports avec l'atmosphère; d'autre part l'étude du sol qui lui sert de support et lui fournit les aliments minéraux dont elle a besoin.

M. André expose ces différents sujets dans deux Volumes qui ont pour titres *Chimie agricole*, *Chimie végétale* et *Chimie du sol*.

Dans le premier, après avoir fait connaître les éléments constitutifs de la matière végétale et quelques-uns des phénomènes physico-chimiques qui s'accomplissent dans la cellule vivante, entre autres l'établissement des pressions de turgescence et les phénomènes diastasiques qui s'y produisent, M. André expose rapidement les doctrines agricoles fondées sur les travaux de De Saussure, Liebig, Boussingault, Schlœsing et Müntz, Lawes et Gilbert, Hellriegel et Wilfarth; puis, entrant dans le domaine de la Biologie pure, il décrit successivement, dans autant de Chapitres spéciaux, la fonction chlorophyllienne, la formation des principes immédiats qui en résultent, l'assimilation de l'azote sous ses différentes formes, et notamment à l'état libre par les bactéroïdes des nodosités radicales chez les légumineuses. A ce propos, il discute l'emploi agricole des cultures microbiennes connues sous le nom de *nitragine* et d'*alinite*.

Ensuite, il passe en revue les phénomènes physiques et chimiques qui président à l'évolution de la graine dès le début de sa germination, la respiration végétale et la détermination de son quotient caractéristique, l'assimilation des matières minérales, le mouvement de l'eau chez les plantes, leur transpiration, enfin les phénomènes d'accroissement, la migration des principes élaborés et la maturation en général, qui, chez les plantes annuelles, termine le cycle de leur existence.

Le tout forme ainsi un exposé complet des manifestations vitales chez les végétaux chlorophylliens, dont, à aucun moment, la concision ne nuit à la clarté et dont la lecture, le plus souvent attrayante, est facilement accessible à tous.

Les innombrables documents relatifs à la terre étaient plus difficiles à classer méthodiquement que ceux qui touchent à la végétation; M. André, dans son second Volume, y a réussi de la façon la plus heureuse, et l'on

peut dire que nulle part ailleurs il n'est possible de trouver autant de renseignements précis sur la nature et les caractères des sols cultivés.

Après avoir donné un aperçu des origines géologiques de la terre arable, l'auteur en décrit la constitution et les principales propriétés physiques; la perméabilité du sol pour l'air et l'eau, son pouvoir absorbant pour certaines matières dissoutes, le rôle que jouent à cet égard ses principaux constituants, ses rapports avec le rayonnement calorifique, sont autant de questions qu'il discute avec soin.

Ensuite, il décrit les méthodes en usage pour déterminer la composition physique et chimique des sols, consacre un long Chapitre à l'étude de leurs propriétés biologiques, ce qui lui permet de s'étendre comme il convient sur les phénomènes de nitrification, de dénitrification et de fixation directe de l'azote atmosphérique. Il expose les applications pratiques qui peuvent résulter de ces connaissances, enfin termine par une étude particulière des conditions qui président à la fertilité des terres ou qui peuvent peu à peu l'atténuer; l'évaluation des pertes qu'elles subissent par le drainage ou la seule culture sans engrais et l'utilisation, pour diminuer ces pertes, des cultures dérobées trouvent ici naturellement leur place.

En résumé, l'Ouvrage de M. Gustave André comprend toutes les connaissances que l'agronome et même le cultivateur soucieux de ses intérêts doivent posséder pour obtenir une bonne production végétale, l'accroître dans la mesure du possible et se rendre un compte exact de toutes ses particularités. C'est pourquoi la Commission, considérant qu'il est mieux que les Ouvrages plus spéciaux susceptible de concourir aux progrès de l'Agriculture, propose à l'unanimité des membres présents d'attribuer le prix Bigot de Morogues à M. **Gustave André**.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

ZOOLOGIE.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Ranvier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, le Prince Bonaparte; Edmond Perrier, rapporteur.)

Les travaux en raison desquels la Commission du prix Savigny propose d'attribuer ce prix à M. **Henri Neuville** ont été commencés en 1904 et 1905, au cours de deux voyages patronnés par M. Maurice de Rothschild dans l'Abyssinie, le Somal et le pays Daukali, et durant lesquels il a recueilli de très nombreux et très variés échantillons de faune et de flore, ainsi que des matériaux propres à faire connaître la constitution géologique des régions traversées. Ces échantillons ont servi de base à d'importantes publications tenant une large place dans les *Comptes rendus* de l'Institut, le *Bulletin du Muséum*, les *Annales des Sciences naturelles*, les *Archives de Zoologie expérimentale*, l'*Anthropologie* et les organes de diverses Sociétés scientifiques.

M. Neuville a personnellement étudié les parties de ces collections relatives à la Géologie, aux Mammifères, aux Mollusques et à divers points d'Ethnographie. Mais ce sont plus particulièrement ses études relatives aux Invertébrés qu'il présente, conformément aux règles du prix Savigny, aux suffrages de l'Académie.

En dehors des collections entomologiques très considérables qu'il a recueillies et qui ont été étudiées dans le laboratoire de M. le professeur Bouvier, M. Neuville a fait une étude très complète des Mollusques habitant les régions visitées au cours des voyages de M. Maurice de Rothschild, notamment de ceux d'Abyssinie et des lacs Rodolphe, Stéphanie et Marguerite. Il a découvert un grand nombre d'espèces nouvelles et en a retrouvé d'autres incomplètement connues, qu'il a décrites dans le *Bulletin du Muséum* (1), les *Annales des Sciences naturelles* (2), les *Comptes rendus* des

(1) 1905, nos 2 et 3; 1906, nos 5 et 6 (en collaboration avec M. Anthony).

(2) 1908, t. VIII (*Ibid.*).

séances de l'Académie des Sciences (¹) et le *Bulletin de la Société philomathique* (²).

En complétant les observations qu'il a faites sur place par des travaux de laboratoire et des recherches bibliographiques étendues, M. Neuville a pu arriver à des conclusions d'une portée vraiment générale qui peuvent se répartir dans deux catégories : l'une ayant trait à la faune des lacs Rodolphe, Stéphanie et Marguerite, l'autre à l'ensemble de la faune malacologique abyssine.

La faune des lacs Rodolphe, Stéphanie et Marguerite était, jusqu'ici, à peu près inconnue, surtout en ce qui concerne les Mollusques. Par rapport au Tanganyika et au Victoria, dont l'étude faunique a donné de si intéressants résultats, les lacs dont il s'agit sont nettement septentrionaux et représentent les derniers chaînons importants de la série des grands lacs africains. Le Tanganyika renferme à la fois, comme on sait, une faune malacologique d'eau douce, se rattachant à la faune aquatique générale de l'Afrique tropicale, et une faune d'apparence marine : cette dernière est la faune halolimnique de Moore. Dans le Victoria, moins bien connu au point de vue dont il est question, la faune marine est au moins représentée par une Méduse qui paraît identique à celle qu'on trouve également dans le Tanganyika.

Les travaux de M. Neuville ne montrent rien de semblable pour les lacs Rodolphe, Stéphanie et Marguerite. Les espèces qu'il décrit appartiennent toutes à la faune d'eau douce et, chose intéressante, certaines sont cependant analogues à des formes tanganiciennes. La faune de ces lacs semble donc rentrer dans le type général de la faune d'eau douce de l'Afrique tropicale et échappe, dans l'état actuel de nos connaissances, au cas particulier du Tanganyika, qui est peut-être aussi celui du Victoria.

La seconde partie des recherches de M. Neuville a trait aux Mollusques de l'Abyssinie et du pays Somali-Daukali. D'assez nombreuses études ont été publiées avant les siennes sur ce même sujet, mais toutes ont un caractère fragmentaire résultant du peu d'importance des collections recueillies et du peu d'étendue des régions où elles le furent. Les lacunes y sont fort nombreuses, et, en outre, des causes variées y ont fréquemment entraîné des confusions, dont certaines paraissent inextricables.

M. Neuville s'est attaché systématiquement, dans ses voyages et ses tra-

---

(¹) 1906 (*Ibid.*).
(²) 1906, nº 6 (*Ibid.*).

vaux de laboratoire, à combler ces lacunes et à éclaircir ces confusions. Les échantillons qu'il a rapportés ont été recueillis par lui-même; ils sont nombreux, variés, et appuyés d'observations personnelles sur les conditions d'habitat des diverses formes, dont il a pu suivre et apprécier les variations. C'est ainsi qu'il a suivi, sur 141 exemplaires d'une Limicolaire recueillis dans la même localité, une série de variations dont l'examen lui a permis d'éclaircir la classification, si embrouillée, des Limicolaires abyssines. Il scinde celles-ci en deux groupes, dans chacun desquels il a précisé l'étendue des variations spécifiques ou individuelles.

D'autres observations, faites dans le même esprit et de la même manière, ont abouti à des résultats à peu près équivalents pour d'autres genres (*Planorbis*, *Physopsis*, *Isidora*, *Succinea*, etc.).

Loin de chercher, conformément à une tendance à laquelle sacrifient parfois les zoologistes, à multiplier les espèces nouvelles, M. Neuville a surtout synthétisé les résultats de ses propres observations et de celles qui ont été faites avant lui. Il a ainsi, tout en apportant une contribution personnelle importante à l'étude de la Malacologie africaine, rendu cette étude beaucoup plus claire en ce qui concerne l'Afrique orientale.

En faisant connaître l'étendue des variations que subissent, dans des régions voisines, mais soumises à des régimes différents, des animaux particulièrement malléables et dont l'étude systématique ne pouvait être faite avec certitude sur des spécimens isolés, M. Neuville a, en outre, réussi à donner à ses travaux un sens biologique général.

Continuant, au laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum, ses recherches sur divers représentants de la faune africaine, M. Neuville a également fait d'autres observations rentrant dans le cadre du prix Savigny.

C'est ainsi qu'il a récemment poursuivi des études sur un Nématode parasite du Lias : le *Toxascaris leonina* Linstow (*Bulletin du Muséum*, 1913, n° 1, en collaboration avec M. Seurat). Ces études ont surtout trait à l'anatomie de l'appareil génital femelle, à l'évolution des larves et à leur résistance aux causes externes d'altération. M. NEUVILLE a suivi l'évolution, dans les utérus, d'œufs larvés dont les larves ont pu être extraites et étudiées. Celles-ci sont déjà enkystées à l'intérieur de l'œuf et accomplissent une partie importante de leur évolution à l'abri de la coque de celui-ci. Une fois sorties, elles ne présentent qu'une vitalité très faible et sont très vulnérables, tandis qu'à l'état enkysté elles résistent aux agents les plus puissants. Des larves contenues dans les œufs d'individus conservés pendant plus de 5 mois dans une

solution de formaldéhyde à 10 pour 100 peuvent encore éclore. En outre de leur intérêt scientifique, ces observations et les détails les accompagnant présentent une partie pratique digne d'être signalée.

L'ensemble de ces recherches justifie pleinement la proposition de votre Commission.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Ranvier, Perrier, Delage, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, le Prince Bonaparte; Bouvier, rapporteur.)

Votre Commission vous propose d'accorder le prix Cuvier à M. **Charles Oberthür**, de Rennes, pour les *Études d'Entomologie* et les *Études de Lépidoptérologie comparée* qui sont le fruit de sa longue et belle carrière scientifique.

M. Charles Oberthür est un grand industriel doublé d'un savant passionné, en quoi il tient de ses ancêtres et ressemble à son frère, M. René Oberthür, le distingué coléoptériste. Par son activité extraordinaire et la variété de ses aptitudes, il fait songer à Lord Avebury (Sir John Lubbock) qui sut produire une œuvre scientifique considérable sans préjudices pour les intérêts financiers dont il avait charge : tous deux se rangent parmi les admirateurs fervents de la nature, tous deux ont voué aux Insectes un culte désintéressé; et si le savant anglais a été surtout un biologiste tandis que notre compatriote se livre principalement à l'étude des formes, ils ont l'un et l'autre, de leur puissant labeur, fait avancer d'un grand pas la science entomologique.

C'est aux Insectes lépidoptères que M. Charles Oberthür a consacré presque totalement son ardeur et ses recherches; il en a réuni une collection immense et d'une renommée mondiale, il les a étudiés avec un soin qui devrait servir de modèle et, pour en bien fixer les caractères, il leur a donné une figuration qui dépasse en beauté et en exactitude tout ce qu'on avait réalisé jusqu'ici. Ses publications lépidoptérologiques commencent peu après la triste guerre de 1870, et comprennent deux vastes séries : les *Études d'Entomologie*, qui s'échelonnent de 1874 à 1902, et forment 21 fascicules in-4°; les *Études de Lépidoptérologie comparée* qui font une suite aux précédentes, comptent déjà 9 Volumes in-8°, et se continueront sans doute longtemps pour le grand profit de la Science. Car les années de

labeur semblent avoir décuplé la puissance productrice du savant entomologiste; et en possession d'un trésor dont les richesses sont inouïes, d'ailleurs merveilleusement armé par un demi-siècle d'observations et de recherches, M. Oberthür veut donner à son pays le bénéfice d'une précieuse expérience, et chaque année voit s'accroître d'un ou deux fascicules la suite réellement splendide des *Études de Lépidoptérologie comparée*. A vrai dire, ces études ne représentent plus son œuvre seule, comme les *Études d'entomologie*, elles sont ouvertes à tous savants et constituent plutôt une sorte de journal; mais c'est lui qui les fait richement illustrer, et d'ailleurs la plupart sortent de sa plume et sont le fruit de ses travaux.

Ce qui domine l'œuvre considérable de M. Charles Oberthür, ce qui en fait l'homogénéité et lui confère sa valeur, c'est le désir de bien caractériser l'espèce et la réalisation aussi parfaite que possible de ce désir. Dans les sciences naturelles, une détermination spécifique rigoureuse est la base même de tous les travaux quels qu'ils soient; sans elle, on erre dans le vague et l'on risque d'attribuer à un être les propriétés d'un autre; combien de recherches ont été viciées, et sont une cause de perturbations, faute d'avoir eu pour point de départ une spécification sérieuse! Dans les recherches qui touchent à l'Entomologie, la difficulté de ce travail préliminaire se présente plus que partout ailleurs, à cause du nombre infini des formes et de la grande ressemblance que présentent parfois des espèces dont les propriétés et les mœurs sont fort différentes, comme on l'observe, par exemple, chez les Glossines et les Moustiques. M. Charles Oberthür a senti, plus que personne, cette difficulté, et il n'a reculé devant aucun effort pour la faire disparaître : de là ses études synonymiques approfondies, ses efforts pour accumuler des matériaux nombreux et pour les comparer aux types spécifiques, de là également ses descriptions précises et les admirables figures dont chacune de ces dernières est accompagnée. M. Oberthür, malgré son ardeur inlassable, n'aura soumis à son étude qu'une partie des espèces du vaste monde des Papillons, mais celles-là, du moins, seront bien connues et ne sauraient demeurer un sujet de litige. Et pour celui qui sait combien est complexe le dédale entomologique, c'est là un mérite peu commun et un service inappréciable rendu à la Science.

Mais l'espèce n'est point uniforme et certains de ses caractères les plus apparents, tels que ceux de la couleur, peuvent subir des variations considérables suivant les lieux et les climats; pour la bien connaître, il ne suffit pas de l'étudier sur quelques exemplaires capturés au hasard, il faut la

suivre partout où elle se trouve et en distinguer les « morphes » ou variétés locales ou régionales. Cette étude n'est possible qu'avec des matériaux d'une richesse extrême; faute de moyens, et sûrement aussi faute d'en comprendre l'intérêt, les anciens naturalistes n'essayèrent pas de l'aborder et se contentèrent de quelques individus pour représenter une espèce, le plus souvent même sans en indiquer la provenance exacte. Avec M. Charles Oberthür, le bouleversement de ce système simpliste devient complet : dans les cadres de la vaste collection de Rennes, chaque espèce comprend des centaines d'individus capturés en tous lieux et qui en représentent toutes les « morphes ». Et dans les nombreux Mémoires produits par l'auteur, ces morphes et leurs enchaînements sont mis en évidence avec le luxe de figures qui caractérise tous les Mémoires du savant lépidoptérologiste. La révolution est profonde, elle s'introduit dans les Musées et bouleverse, à grand profit, les habitudes scientiques.

C'est à l'époque où se livrait combat autour des problèmes évolutifs que M. Oberthür publia ses premiers travaux. Il était trop ardent pour ne pas prendre part à la lutte, trop tenace pour ne pas la continuer jusqu'au bout, malgré les défections chaque jour plus nombreuses qui se manifestaient dans son camp, le camp des anti-évolutionnistes. Ce problème le passionne, il y revient dans presque tous ses Ouvrages et lui consacre en entier un de ses plus importants travaux (*De la variation chez les Lépidoptères*, vingtième fascicule, publié en 1896, de ses *Études d'Entomologie*). Pour lui, l'espèce est variable, elle subit des modifications suivant les climats et les lieux, mais elle ne franchit pas certaines limites, autant du moins qu'on en peut juger : les Papillons actuels de Ceram ne sont-ils pas identiques à ceux que rapporta, il y a 150 ans, le R. P. Le Coq d'Armandville et dont on trouve les figures dans les vieux Ouvrages de Clerck et de Cramer? Et les armures génitales si différentes des mâles et des femelles, dans une même espèce, ne sont-elles pas un obstacle aux modifications spécifiques profondes? On pourrait objecter à cette thèse qu'une espèce ne se modifie pas aussi longtemps que les conditions de milieu restent les mêmes, et qu'il en a sans doute été ainsi dans le pays de Ceram durant ces 150 dernières années; on pourrait dire aussi que les caractères de l'armature génitale peuvent offrir, dans les deux sexes d'une même espèce des variations corrélatives, car cet appareil offre une réelle plasticité, certaines espèces, très voisines (*Syrichthus Malvæ* et *S. Fritillum*) ayant des appareils très différents, alors que d'autres, évidemment différentes (*Celerio Euphorbiæ* et *C. Vespertilio*), ont des pièces génitales assez pareilles « pour que, dans la Nature, librement, dit l'auteur,

les *Celerio* en question s'accouplent et produisent les hybrides que nous connaissons ».

Mais à quoi bon insister sur ces divergences d'interprétation. Ce qu'il faut retenir, à ce sujet, dans l'œuvre de M. Oberthür, c'est qu'elle est plus riche que toute autre en beaux exemples de variabilité, c'est que nulle part on n'a mieux étudié les hybrides et qu'elle constitue, avec l'œuvre d'un autre adversaire de l'évolution, le célèbre Alexis Jordan, une mine inépuisable pour ceux qui se livrent à l'étude de la variabilité. Si M. Oberthür avait été un évolutionniste convaincu, peut-être ne lui serions-nous pas redevable de toutes ces richesses ? Au surplus, l'anti-évolutionniste qu'est M. Oberthür a étudié, mieux que personne, les formes rares et curieuses qui constituent les aberrations spécifiques : à l'opposé des anciens lépidoptérologistes qui les considéraient comme indifférentes, il les a recherchées avec patience et en a pressenti l'importante signification. « N'est-il pas intéressant de constater, dit-il, que, par exemple, l'aberration *Taras* du *Syrichthus Malvæ*, constituée par le développement et la confluence des taches blanches sur les ailes supérieures en dessus, se retrouve, *produite d'après le même principe*, sur les ailes de *Celænorrhinus Maculoso-refulgens ?* D'ailleurs les *Augiades Comma* et *Sylvanus* présentent également chacune une même sorte de variation, par la confluence des taches de leurs ailes inférieures, en dessous. L'ab. *Faunus*, Turati, donnée par *Sylvanus* est en effet absolument conforme à l'ab. *Faunula*, Obthr., que présente *Comma*. »

Cette question des influences de milieu est une de celles qui ont le plus préoccupé notre auteur ; dans ces derniers temps, il lui a donné une grande place dans ses Ouvrages et a incité les entomologistes à une série de recherches qui doivent la mettre au premier plan. Chaque espèce, aux divers stades évolutifs qu'elle traverse, choisit un milieu particulier qui la différencie des espèces voisines ; il faut connaître ces milieux pour se faire une idée juste de l'espèce et pour en bien apprécier les caractères ; mais, à part quelques exceptions, notre ignorance sur ce point est encore presque complète. Si, comme on peut l'espérer, les entomologistes s'engagent dans la voie suivie actuellement par M. Harold Powell, sur l'instigation de M. Charles Oberthür, cette lacune regrettable sera bientôt comblée ; depuis quelques années, M. Powell explore l'Algérie pour y étudier les Lépidoptères dans leur milieu à tous les stades, et les très nombreuses photographies qu'il a prises au cours de ses voyages sont une des richesses scientifiques accumulées par M. Oberthür dans les derniers Volumes de ses *Études de Lépidoptérologie comparée*.

Voilà une carrière scientifique longue et singulièrement fructueuse; elle fait honneur au savant qui l'a parcourue et au pays où elle s'est produite. Nous vous proposons de la couronner par un des prix les plus estimables dont l'Académie dispose, par le prix Cuvier qui sert de consécration aux carrières de cette nature.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.)

I. — Prix.

Trois prix, de *deux mille cinq cents francs* chacun, sont décernés à :

Mme **Lina-Negri Luzzani**, pour ses *Études sur les corpuscules qu'elle a découverts* (avec feu son mari) *dans le système nerveux des animaux enragés;*

M. L. Ambard, pour son *Mémoire sur la sécrétion rénale;*

MM. A. Raillet, G. Moussu et **A. Henry**, pour leurs *Recherches sur l'étiologie, la prophylaxie et le traitement de la distomatose des ruminants.*

Rapport de M. **Roux**.

Depuis les découvertes de Pasteur et de ses collaborateurs sur la rage, le travail le plus important qui ait été fait sur cette maladie est sans doute celui du Dr **Negri**. En 1903, il annonça qu'il existe dans le système nerveux des animaux atteints de rage, et uniquement dans le système nerveux, des corps endo-cellulaires qui depuis sont appelés *corps de Negri*. Ils siègent dans l'intérieur des cellules nerveuses et particulièrement dans celles de la corne d'Ammon. Ils se colorent en rouge par la méthode de Mann et se

présentent sous l'aspect de corps mûriformes de différentes grosseurs. Negri les regarde comme le parasite de la rage, il a décrit leur structure et leur évolution. Mme Lina Negri-Luzzani, qui a été associée aux travaux de son mari, les poursuit avec beaucoup de zèle et de sagacité depuis la mort du regretté Dr Negri.

Si la preuve décisive que les corps de Negri sont un protozoaire parasite, cause de la maladie, n'est pas encore donnée, tous ceux qui se sont occupés du sujet admettent qu'ils sont caractéristiques de la rage. La découverte de Negri est donc de première importance puisqu'elle permet, en quelques heures, de savoir si un animal qui a mordu un homme était atteint de la maladie. Elle est utilisée couramment dans tous les Instituts antirabiques.

La Commission attribue un prix Montyon de Médecine aux travaux du Docteur et de Mme **Negri**.

Rapport de M. **Guyon**.

M. **Ambard**, chef de laboratoire à la Faculté de Médecine de Paris, attaché en cette qualité au Service de la clinique des voies urinaires, à l'Hôpital Necker, poursuit depuis plusieurs années l'*Étude des concentrations urinaires*.

Après avoir publié en 1909 les recherches qu'il avait faites depuis 1907 avec la collaboration de M. Papin, chef de clinique du même service, il a continué sans interruption le cours de ses investigations. Ses idées successivement mûries et développées l'ont conduit, particulièrement en ce qui concerne *la concentration et l'élimination uréiques*, jusqu'à la précision scientifique.

M. Ambard a déjà soumis à l'appréciation de la Commission des prix de Médecine et de Chirurgie d'importantes constatations, que le prix Godard a récompensées. Il lui adresse aujourd'hui l'ensemble des résultats auxquels il est parvenu. Il insiste spécialement sur les faits bien définis, qui permettent d'établir les relations qui existent *entre l'urée du sang et l'urée de l'urine*.

Ses premières recherches lui avaient permis d'établir que le chien bien portant, soumis au régime carné exclusif, et buvant de l'eau à volonté, élimine l'urée à une concentration constante, qui est aussi une concentration maxima; il montrait que cette constance de l'élimination uréo-sécrétoire est un indice certain de la bonne qualité du tissu rénal.

M. Ambard est arrivé depuis, par de persévérantes recherches, à préciser

les conditions d'une épreuve qui réalise la simplicité expérimentale. Cette épreuve est applicable à l'homme. Tous ceux qui l'utilisent reconnaissent qu'elle réunit les éléments essentiels qui permettent de déterminer exactement le degré de la perméabilité du tissu rénal à l'urée. On établit mathématiquement le rapport qui existe entre ce que le rein laisse passer et ce qu'il reçoit, dans l'unité de temps. L'observation simultanée de la concentration de l'urée du sang et de l'urée de l'urine permet d'arriver à ces résultats.

M. Ambard a montré que chaque animal a sa concentration limite individuelle, qui est l'indice d'un fonctionnement normal des reins. Il en est de même dans l'espèce humaine. Chacun de nous a son chiffre de concentration de l'urée de l'urine; il ne varie pas ou varie fort peu chez les sujets dont le rein est en état normal.

L'auteur a pu vérifier, par de très longues observations méthodiquement poursuivies, chez des sujets bien portants, cette constance. Tous ceux qui s'occupent de la physiologie et de la pathologie des reins ont vérifié la valeur de l'épreuve d'Ambard et reconnu la haute importance des faits nouveaux qui lui sont dus. Il les soumet au jugement de la Commission.

Je ne pourrais, sans dépasser les limites de ce Rapport, suivre l'auteur dans l'exposé de chacune de ses recherches, ni reproduire ses calculs. Je me borne à dire qu'il en a déduit les lois fondamentales de l'élimination de l'urée par le rein; il a fourni tous les renseignements qui permettent la régulière utilisation de l'examen comparatif de l'urée du sang et de l'urée de l'urine.

J'ajoute qu'aux documents relatifs à cette question il a joint une partie de ses travaux sur l'*élimination des chlorures*. Ces recherches l'ont conduit à aborder la question des *seuils de la sécrétion rénale*. Il poursuit cette importante question et vient tout récemment de publier sur ce sujet un important Mémoire.

La valeur scientifique des travaux de M. **Ambard** s'affirme chaque année; ils sont très objectifs, tiennent une place marquante et présentent toutes les garanties désirables de l'exactitude.

Un des prix Montyon dont notre Commission dispose me paraît devoir être proposé.

La Commission a adopté cette proposition et demande à l'Académie de l'approuver.

L'Académie approuve les conclusions de la Commission.

Rapport de M. **A. Chauveau.**

Il s'agit là d'un travail surtout expérimental, présenté sous cette rubrique : *Sur l'étiologie, la prophylaxie et le traitement de la distomatose des Ruminants*. Commencé il y a plusieurs années, ce travail a été poursuivi, avec une ténacité toute particulière, au cours de la très grave épizootie de distomatose de 1910-1911. Il en est résulté des acquisitions et des démonstrations nouvelles, dont il suffira de signaler les plus importantes.

1° En ce qui concerne *l'action pathogène* exercée par les distomes hépatiques, il est bien établi maintenant que la cachexie aqueuse qu'elles provoquent tient à ce que ces distomes sont des parasites suceurs de sang. C'est grâce aux démonstrations de nos auteurs qu'on le sait pertinemment. Ainsi, la présence de l'hémoglobine du sang sucé a pu être constatée, par eux, dans la pulpe résultant du broyage d'une certaine quantité de douves. D'autre part, ils avaient pu, auparavant, faire voir que les matières colorantes injectées dans les vaisseaux de moutons distomateux, récemment sacrifiés, se retrouvent dans la cavité digestive de leurs douves.

2° Au sujet du *développement* de la douve hépatique, on admettait couramment qu'il s'opère par la transformation des cercaires dans les canaux biliaires eux-mêmes, où ils pénétreraient directement par l'embouchure du canal cholédoque, après avoir été ingérés : ce qui est le cas certain d'autres Nématodes. Nos auteurs démontrent que ces cercaires ingérées entrent d'abord dans le système vasculaire-porte, sont arrêtées par le foie et s'y développent en creusant des galeries dans le tissu de l'organe. En cas d'infectation massive, ces galeries sont innombrables; les parasites déterminent de l'hépatite interstitielle diffuse, des phlébites des grosses veines sus-hépatiques et de la veine cave postérieure, de la péritonite, etc., désordres considérables montrant l'importante participation des conditions du développement du parasite à son rôle pathogénique.

Cette infectation massive a été réalisée expérimentalement pour la première fois par les auteurs de cette étude, d'une manière irréprochablement démonstrative, chez des moutons sains, par ingestion de Limnées tronquées renfermant des rédies cercarigères. C'est là une des plus intéressantes contributions que l'histoire de la distomatose doit au travail de MM. Raillet, Moussu et Henry.

3° Sur la *prophylaxie*, ils apportent un document des plus utiles : la

démonstration de la destruction instantanée des embryons ciliés par l'eau de chaux au titre de 0,5 pour 1000. Les cercaires elles-mêmes sont très rapidement tuées par cette solution de CaO. Or la pulvérisation de cette eau de chaux sur les prairies et les champs de parcours des Ruminants ne les expose pas au moindre danger d'intoxication.

4° Enfin, à propos du *traitement* de la maladie, les auteurs ont prouvé que, chez les sujets infectés, les douves hépatiques sont très facilement et très rapidement tuées par *l'extrait éthéré de fougère mâle*.

J'ajoute qu'en négligeant les précisions introduites, dans leur étude, par MM. **Raillet**, **Moussu** et **Henry**, sur le nombre prodigieux d'œufs que la douve hépatique peut semer dans la bile, sur la durée de leur incubation, les propriétés des embryons ciliés qui en résultent, sur l'enkystement des cercaires à la surface des corps immergés, sur la durée des phases de développement des douves dans le foie, celle de leur vie totale, je n'entends nullement reléguer ces notions dans le domaine de la pure Histoire naturelle. Elles sont, comme celles qui ont été mises en vedette, de nature à nous éclairer sur les moyens de lutter contre la propagation et les ravages de la distomatose. Ce sont donc des déterminations scientifiques qui ont droit de prendre place dans la catégorie de celles que les prix Montyon de Médecine et de Chirurgie sont destinés à récompenser.

II. — Mentions.

Trois mentions de *quinze cents francs* chacune, sont accordées à :

M. **Marquis**, pour son Mémoire intitulé : *Le sublimé en chirurgie*.

M. **Lagrange**, pour son Mémoire intitulé : *Traitement du glaucome chronique;*

MM. **Fernand Bezançon** et **S.-L. de Jong**, pour leur Ouvrage intitulé : *Traité de l'examen des crachats*.

M. **Lucas-Championnière**, décédé subitement le 22 octobre, était chargé du Rapport sur le travail de M. Marquis.

Rapport de M. **Léon Labbé** *sur le Mémoire de M.* Lagrange, *relatif au traitement du glaucome chronique.*

La méthode nouvelle préconisée par M. le Dr **Lagrange** consiste dans « la fistulisation de l'œil à l'aide d'une sclératomie faite en arrière du limbe, dans la région de l'angle de filtration ».

Il y a longtemps que les oculistes cherchaient les moyens de fistuliser l'œil de manière à lui permettre d'évacuer son trop-plein sans que sa nutrition en souffre et sans dommage pour aucune partie de l'organe.

Critchett, l'un des plus grands ophtalmologistes de l'Angleterre, a écrit : « L'opérateur qui trouvera le moyen d'assurer la formation de la cicatrice fistuleuse sous-conjonctivale, méritera bien de l'humanité. »

Plusieurs auteurs, pour arriver à ce résultat, avaient eu l'idée d'enclaver l'iris dans la plaie sclérale; mais on n'enclave pas sans inconvénient le tractus uvéal dans un tissu de cicatrice.

Le premier, M. Lagrange a montré qu'en pratiquant la résection de la sclérotique en arrière du limbe, on produisait une véritable fistulisation sous-conjonctivale de l'œil.

Rapidement, un grand nombre d'ophtalmologistes ont accepté cette opération.

Depuis 1903, époque à laquelle M. Lagrange a pratiqué cette opération pour la première fois, un grand nombre de publications favorables à cette manière de faire ont paru dans beaucoup de pays.

La Commission du prix de Médecine et de Chirurgie a proposé d'accorder à M. **Lagrange** une mention honorable avec *quinze cent francs*.

Rapport de M. **Roux**.

Examen des crachats par MM. Besançon *et* de Jong.

Cet Ouvrage, très clairement écrit et illustré de nombreuses figures en noir et en couleur, expose d'une façon très complète la technique de l'examen des crachats et explique les renseignements qu'on en peut tirer au point de vue du diagnostic et du traitement. De nombreux perfectionnements sont dus aux auteurs eux-mêmes, ce qui donne à ce Livre son caractère original.

La Commission attribue une mention de *quinze cents francs*, sur le prix Montyon de Médecine, à MM. **Besançon** et **de Jong**.

III. — Citations.

Des citations sont accordées à :

M. Henri Paillard, pour ses *travaux sur la pleurésie ;*

M. Paul Hallopeau, pour son travail intitulé : *La désarticulation temporaire dans le traitement des tuberculoses du pied ;*

MM. **A. Sartory** et **Marc Langlais**, pour leur Ouvrage intitulé : *Poussières et microbes de l'air*.

L'Académie adopte la conclusion de ces Rapports.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé; Lucas-Championnière, Henneguy, rapporteurs.)

Le prix est partagé entre :

MM. **Jules** et **André Boeckel**, d'une part, pour leur Ouvrage intitulé : *Les fractures du rachis cervical sans symptômes médullaires;*

MM. **de Beurmann** et **Gougerot**, d'autre part, pour leur Volume intitulé : *Les sporotrichoses*.

Rapport de M. **Lucas-Championnière.**

L'Ouvrage présenté par les D[rs] **Boeckel** père et fils, l'un chirurgien de l'hôpital de Strasbourg, l'autre chef de clinique à la Faculté de Médecine de Nancy, est un Ouvrage très original et des plus importants.

Jusqu'à cet Ouvrage, on a considéré que les fractures du rachis cervical ne se présentaient pas sans symptômes médullaires et, d'autre part, que ces fractures étaient suivies à peu près fatalement de la mort.

Or, depuis la radiographie, il faut renverser ces deux propositions.

15 observations inédites forment la base de ce Livre, chiffre considérable, si l'on veut bien remarquer que les fractures de la colonne vertébrale restent des lésions rares.

Ce qui a fait le grand mérite de ces recherches, c'est l'adaptation, à l'étude de ces fractures, de la radiographie.

20 planches radiographiques inédites complètent le Volume, qui contient du reste l'indication de quatre-vingts autres observations.

Ce sont ces observations et ces radiographies qui ont permis aux auteurs de démontrer :

1° Qu'il existe des fractures du rachis cervical très graves, très compliquées, qui pourtant ne se compliquent pas de symptômes médullaires;

2° Que ces fractures peuvent être aujourd'hui diagnostiquées grâce à la radiographie;

3° Que, traitées à temps, elles guérissent dans une large proportion.

En effet, si l'on se reportait seulement aux progrès de la statistique, on pourrait admettre qu'il n'y a là qu'un fait nouveau de curiosité pathologique, à savoir qu'on reconnaît des fractures qui passaient inaperçues.

Mais il y a aussi un côté thérapeutique important, car le fait qu'on reconnaît de bonne heure ces fractures et qu'on peut soit les redresser, soit éviter de voir une déformation se produire, permet de prévenir un nombre important de complications graves.

Alors que ces fractures ont toujours été très meurtrières, on a pu en observer depuis la radiographie 31 cas sans un seul décès.

Les auteurs, en effet, attachent une grande importance à la question du traitement qui ne peut être un traitement rationnel qu'après la radiographie.

En dehors même de cette considération de la radiographie, l'étude des Drs Boeckel apprend à avoir une grande défiance des cas sans déformation apparente et des cas avec déformation sans troubles médullaires.

Ils appellent l'attention sur un ensemble de signes qu'on trouve avec ou sans la déformation de la paroi postérieure du pharynx et la douleur à la pression.

Ce travail, très important, est le premier qu'on ait fait sur la matière. L'utilisation très parfaite de la radiographie a rendu les plus grands services et mis à jour un bon nombre de faits intéressants.

Cette question, du reste, et les questions connexes sont toutes d'actualité.

Depuis ce Mémoire sur les fractures cervicales sans déformation, un Mémoire a été publié à Munich sur les luxations des vertèbres cervicales à la partie inférieure sans accidents médullaires. Un Mémoire allemand de Franz Quetsch, de Munich, publié cette année, contient une série d'observations de ces luxations bien reconnues par la déformation et surtout par l'examen radiographique, qui n'ont pas donné lieu à des accidents médullaires. Ce sont là cas tout à fait de la même famille. La radiographie permet d'en faire le pronostic moins grave et aussi, pour l'avenir, d'en mieux déterminer la thérapeutique.

L'Ouvrage des Drs **Boeckel** a donc ouvert une nouvelle voie à la pathologie et à la thérapeutique chirurgicale des traumatismes de la colonne vertébrale cervicale et contribué à résoudre l'un des problèmes les plus difficiles de l'histoire des fractures.

Au moment où toutes ces recherches sur les fractures profondément situées prennent un intérêt tout particulier pour l'étude des accidents du travail, ce Livre est d'une importance toute spéciale.

Pour la nouveauté du sujet et pour l'importance de ce travail, votre Commission propose l'attribution d'une partie du prix Barbier pour 1913.

Rapport de M. **Henneguy.**

Bien que le *Sporotrichum* et les lésions qu'il produit aient été signalés pour la première fois par Schenck, en 1898, aux États-Unis, ce sont les travaux de MM. **de Beurmann** et **Gougerot** qui ont fait connaître la fréquence des mycoses dues à ce parasite et leurs aspects polymorphes. Ces auteurs ont montré qu'il existe plusieurs espèces de *Sporotrichum*, dont l'une, le *Sp. Beurmanni*, détermine une affection spéciale, fréquente en France, qui a été à juste titre désignée sous le nom de *maladie de Beurmann*.

L'Ouvrage dans lequel MM. de Beurmann et Gougerot ont rassemblé les résultats que leur ont donnés dix années de recherches sur ce sujet, constitue un Traité complet des Sporotrichoses. La première Partie est consacrée à l'étude botanique des divers *Sporotrichum*, qui paraissent constituer des variétés cultivées plutôt que des espèces différentes. Dans la seconde Partie, les auteurs étudient la fréquence, la distribution géographique, l'étiologie, les formes cliniques, les localisations et le traitement de la sporotrichose type de Beurmann. Ils montrent que tous les organes peuvent être envahis par le *Sporotrichum*, aussi bien chez l'homme que chez les animaux. Le parasite étant très répandu dans la nature et se trouvant sur beaucoup de végétaux, on s'explique facilement la présence de cette forme de mycose. Les expériences faites sur les animaux ont permis de suivre l'évolution de la maladie et de déterminer le mode d'infection. Avant les travaux de MM. de Beurmann et Gougerot, la sporotrichose était confondue soit avec la tuberculose, soit avec la syphilis, et était soumise aux mêmes traitements que ces maladies infectieuses. En établissant les signes cliniques qui permettent de faire le diagnostic au lit du malade, et en réglant la technique de la culture à froid du parasite sur gélose glycosopeptonée, les auteurs ont mis à la portée de tout praticien le diagnostic de la sporotrichose. Enfin, en instituant le traitement iodo-ioduré général et local, qui fait généralement disparaître en quelques semaines les lésions multiples et polymorphes de cette affection, ils ont permis de guérir des malades considérés jadis comme incurables.

Les travaux de MM. **de Beurmann** et **Gougerot**, qui ont fait connaître

une maladie nouvelle et rénové l'étude générale des mycoses, leur font le plus grand honneur. Bien qu'ils aient déjà été récompensés en plusieurs circonstances, la Commission a pensé qu'ils méritaient d'être consacrés par l'Académie et propose, en conséquence, de leur attribuer une partie du prix Barbier.

Les conclusions de ces Rapports sont adoptées par l'Académie.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Labbé, Henneguy; Roux, rapporteur.)

Le prix Bréant d'une valeur de *cent mille francs*, destiné à récompenser celui qui aura trouvé le moyen de guérir le *Choléra asiatique*, n'est pas décerné.

L'Académie décerne, sur les arrérages de la Fondation, trois prix de *deux mille francs* chacun, à :

M. C. **Levaditi**, pour l'ensemble de ces travaux sur *la poliomyélite aiguë épidémique* et le *pemphigus infectieux aigu;*

MM. A. **Netter** et R. **Debré**, pour leur Ouvrage intitulé : *La méningite cérébrospinale;*

M. V. **Babès**, pour son *Traité de la Rage*.

Dans ces dernières années, nos connaissances sur la poliomyélite, maladie de Heine-Medin ou paralysie infantile épidémique, ont considérablement progressé, grâce aux travaux de Flexner, Landsteiner, Popper, etc. M. **Levaditi** est parmi les auteurs qui ont contribué à ces progrès.

La maladie étant transmissible aux singes inférieurs, il lui a été facile d'expérimenter sur elle.

Le virus de la poliomyélite est encore inconnu, il siège dans le système nerveux et présente de grandes ressemblances avec celui de la rage. Comme lui il a des formes très ténues puisqu'il traverse les filtres qui retiennent les bactéries ordinaires. Il se conserve longtemps vivant dans la glycérine comme le virus rabique. Les moelles de singes morts de paralysie infantiles, desséchées comme les moelles rabiques, peuvent servir à conférer l'immunité.

Le virus déposé dans les fosses nasales du singe atteint le système nerveux

et peut provoquer la maladie. Dans un cas de poliomyélite humaine, M. Levaditi a trouvé le virus dans l'amygdale.

Le sérum sanguin, de l'homme et des singes guéris de paralysie infantile, possède la propriété de détruire le virus, *in vitro*. Ce qui permet de faire le diagnostic rétrospectif de la maladie et de dépister les cas frustes qui ont échappé à l'observation. Ce procédé peut être mis très utilement à profit dans les recherches sur l'étiologie des épidémies.

La Commission attribue à M. le Dr **Levaditi** une somme de *deux mille francs*, sur les arrérages du prix Bréant, avec le titre de lauréat.

M. **Netter** a le mérite d'avoir suivi avec beaucoup de soin les épidémies de méningite cérébrospinale qui se sont déclarées en France dans ces dernières années. Plusieurs ont été reconnues et signalées par lui. M. Netter est le premier qui ait fait usage dans notre pays, du sérum anti-méningococcique et il a contribué à sa vulgarisation pour le traitement de la méningite à méningocoque de Weichselbaum.

Dans l'Ouvrage que MM. Netter et Debré présentent à l'Académie, on trouve donc beaucoup de documents personnels, sur l'étiologie, le rôle des porteurs de germes, la clinique et le traitement de la méningite cérébrospinale. Aussi, la Commission attribue-t-elle une somme de *deux mille francs* sur les arrérages du prix Bréant à MM. **Netter** et **Debré**, avec le titre de lauréat.

M. le Dr **Babès**, professeur et directeur de l'Institut de Bactériologie à Bucarest, est l'auteur d'un *Traité de la Rage*, dans lequel se trouvent rassemblées toutes nos connaissances sur le sujet. M. Babès était bien préparé à écrire cet important Ouvrage, car il a fait lui-même des recherches bien connues sur l'hydrophobie. Il a signalé le premier les amas de cellules mononucléaires qui se forment autour des cellules nerveuses et produisent les nodules rabiques caractéristiques de la maladie. Le premier aussi, M. Babès a obtenu le sérum antirabique et l'a appliqué à la prévention de la rage. M. Babès a proposé l'emploi de virus rabique modifié par la chaleur pour conférer l'immunité.

La Commission attribue à M. le professeur **Babès** la somme de *deux mille francs* sur les arrérages du prix Bréant, avec le titre de lauréat.

L'Académie adopte les conclusions de ces Rapports.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. Bouchard, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy; Guyon, rapporteur.)

M. J. **Tanton**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, chirurgien major, a envoyé quatre Mémoires sur l'*Urétroplastie par transplantation veineuse et par greffe muqueuse.*

Après avoir vérifié sur le chien la possibilité de remplacer par un tronçon de veine, pris à l'animal, un segment préalablement enlevé de l'urètre, M. Tauton a essayé sur l'homme l'application de cette idée, qui lui appartient.

A la suite de ses communications, l'opération a été répétée un certain nombre de fois en France et à l'étranger.

Mais il ne semble pas que les résultats éloignés se soient montrés très favorables. Comme les urètres dermo-épidermiques, les urètres veineux sont exposés à une rétraction très marquée.

C'est sans doute pour éviter cet écueil que M. Tanton a ultérieurement imaginé de remplacer l'urètre déficient, non par l'uretère ou l'appendice, comme cela avait été fait à l'étranger, mais par un lambeau de muqueuse saine prélevée sur un autre malade, atteinte de cystocèle vaginale.

Le résultat fut très favorable et s'est maintenu pendant deux ans.

Ce sont des tentatives ingénieuses et intéressantes. Mais la portée de ces interventions est encore restreinte; elles sont, d'ailleurs, en trop petit nombre. Elles méritent cependant d'être encouragées. Je propose à la Commission d'attribuer à M. **J. Tanton** le prix Godard.

La Commission a adopté cette proposition et demande à l'Académie de l'approuver.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy; Laveran, rapporteur.)

Le prix est attribué à M. **A. Dejouany**, médecin-major de 1[re] classe de l'armée pour son travail intitulé : *Le personnel civil de la cartoucherie militaire de Vincennes*.

M. le D[r] Dejouany étudie successivement : la situation matérielle et morale du personnel civil de la cartoucherie militaire; la morbidité et la mortalité de ce personnel; l'hygiène et la sécurité du travail; l'hygiène individuelle de l'ouvrier; l'alimentation; le logement; la famille de l'ouvrier et son budget.

L'auteur indique les mesures qu'il conviendrait de prendre pour améliorer la situation du personnel civil de la cartoucherie; parmi ces mesures, une des principales consisterait à construire, à proximité de la cartoucherie de Vincennes, des pavillons qui seraient loués aux ouvriers et qui deviendraient la propriété des occupants au bout d'un certain nombre d'années. Ce serait là une œuvre excellente d'hygiène et de moralisation que l'État devrait entreprendre.

L'étude faite par M. le D[r] **A. Dejouany** de toutes les conditions intéressant l'hygiène et le bien-être du personnel civil de la cartoucherie militaire de Vincennes est très complète; on doit espérer qu'elle sera le point de départ d'améliorations importantes dans la situation du personnel civil de cet établissement et des établissements similaires.

Une mention très honorable est accordée à M. le D[r] **Job** pour son travail intitulé : *La Dysenterie bacillaire dans l'armée*.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy; Dastre, rapporteur.)

Le prix Bellion est accordé à MM. **Albert Frouin** et **Pierre Gérard**, pour une série d'études expérimentales exécutées de 1910 à 1913.

Parmi ces études la Commission a retenu un travail relatif au rôle des substances minérales du suc pancréatique sur l'activité protéolytique de ce suc.

M. Delezenne nous a appris que le calcium est indispensable à la constitution de la diastase protéolytique, la trypsine. C'est un point important dans l'histoire de la genèse des ferments. L'expérience de MM. Frouin et Compton nous a révélé la nécessité d'une seconde intervention minérale. La trypsine, une fois formée, a besoin à son tour de sels minéraux pour digérer l'albumine. Si l'on dialyse contre l'eau distillée le suc pancréatique activé, il perd toute faculté digestive. On peut la faire reparaître en l'additionnant indifféremment de sels de potassium, sodium, magnésium et non pas seulement de calcium.

Ces résultats ont conduit M. **Albert Frouin** à rechercher, avec M. **Pierre Gérard**, la composition minérale du suc pancréatique chez divers animaux, tels que le chien, la vache, et à nous fournir ainsi des documents analytiques d'une réelle précision.

On peut rattacher à cet ordre de recherches un Mémoire sur la sécrétion gastrique et sur les variations du potassium et du sodium dans cette sécrétion. Des animaux à estomac isolé, suivant la méthode Heidenhain-Pawlow-Chigin, sont soumis à un régime fixe, additionné ou non de sel. On constate que l'acidité et la quantité de suc varient. Elles augmentent avec la quantité de sel ingéré; au contraire, le chlore total reste sensiblement fixe.

Ces faits sont intéressants. Ils prendront place dans les répertoires physiologiques. Les auteurs MM. **Frouin** et **Gérard**, méritent d'être proposés pour le prix Bellion.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, Laveran, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy; d'Arsonval, rapporteur.)

Ce nouveau prix biennal, d'une valeur de *douze cents francs*, est destiné à récompenser le savant qui aura fait une découverte guérissant une maladie ne pouvant, jusqu'alors, être traitée que par la Chirurgie et agrandissant ainsi le domaine de la Médecine.

Le prix est décerné à MM. **Claudius Regaud** et **Robert Crémieux**, pour leur Ouvrage intitulé : *Étude des effets des rayons X sur le thymus et relative au traitement de l'hypertrophie du thymus par la Röntgenthérapie*.

M. Cl. Regaud, professeur agrégé, et R. Crémieu, chef de clinique adjoint à la Faculté de Médecine de Lyon, ont présenté en commun neuf publications pour le concours du prix Argut. Ces neuf publications se rapportent aux *effets produits sur le thymus par les rayons de Röntgen*.

Elles ont eu un double résultat : 1° par des recherches *expérimentales* les auteurs ont élucidé complètement et de façon détaillée l'action exercée par les rayons X sur le thymus des animaux. Ils ont pu trancher de la sorte de nombreuses questions en suspens relativement à l'histologie et à la physiologie normales de cet organe.

2° Partant de ces données expérimentales précises, MM. Regaud et Crémieu les ont appliquées à la *Thérapeutique*.

Ils ont établi des règles techniques et des indications curatives qui font dorénavant de l'application des rayons Röntgen le traitement de choix de l'hypertrophie du thymus chez l'enfant. Jusqu'à présent cette affection était considérée comme justiciable uniquement des traitements chirurgicaux. Grâce à eux il n'en est plus ainsi; leurs travaux répondent donc complètement aux conditions du prix Argut : *Guérir une maladie ne pouvant*,

jusqu'alors, être traitée que par la Chirurgie et agrandir ainsi le domaine de la Médecine.

C'est un nouveau et remarquable succès que votre rapporteur est particulièrement heureux d'enregistrer à l'actif de la Physiothérapie. Aussi votre Commission est-elle unanime pour attribuer le prix Argut à MM. **Claudius Regaud** et **Robert Crémieu**.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON (Physiologie expérimentale).

(Commissaires : MM. Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy; Chauveau, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Michel Cohendy**, pour son travail intitulé : *Expériences sur la vie sans microbes.*

La vie sans microbes est-elle possible ?

Pasteur considérait cette question comme une de celles que la bactériologie a grand intérêt à résoudre. Plusieurs savants cherchèrent à y répondre; ils aboutirent à cette conclusion que certains insectes peuvent se développer normalement sans le secours des bactéries et que, par contre, les Vertébrés semblent ne pouvoir se passer d'elles.

Voilà comment la question se présentait quand M. **Cohendy**, à l'instigation de M. Mentchikoff, a résolu de la reprendre :

La solution se heurtait à deux très gros écueils : 1° La difficulté de la réalisation de l'asepsie absolue de l'appareil où doivent vivre les sujets consacrés à l'expérience et de toutes les manipulations qu'elle réclame;

2° les soins particulièrement méticuleux avec lesquels doit être exécuté l'énorme travail du contrôle de cette réalisation.

Les conditions de succès exigent donc une impeccable technique expérimentale. Voici comment l'auteur décrit celle qu'il a appliquée à ses recherches sur le poulet, choisi par lui, comme le conseillait Pasteur :

« L'appareil que nous avons créé à cet effet est essentiellement différent du dispositif adopté dans d'autres recherches d'élevages aseptiques. Il est stérilisable en bloc, à 120°, sous pression de vapeur d'eau. Les diverses ouvertures en sont bouchées au coton et garanties extérieurement par une chambre métallique à fermeture hermétique. Toute manipulation nécessitant l'ouverture de l'appareil est faite les mains sous l'abri d'une avant-chambre en toile de caoutchouc aseptisée.

» Les œufs (au nombre de 3 ou 4), à la veille de leur éclosion, sont introduits après stérilisation externe (l'intérieur est normalement aseptique) dans une partie en bronze de l'appareil, réalisant un incubateur à degré hygrométrique, aération et disposition de chaleur convenables. Les poussins qui viennent de naître peuvent circuler librement de l'incubateur, ou « mère artificielle », dans une partie en verre, la « cour d'élevage ». Ils trouvent là en abondance lumière du jour, eau fraîche, air frais, sable et aliments; le tout en milieu stérile.

» Les contaminations accidentelles sont décelées, en cours d'expérience, par des géloses en boîte ouverte et par des tubes ouverts de bouillon disposés dans l'appareil. Le contrôle général de l'asepsie à la fin de l'expérience consiste en ensemencements aérobies et anaérobies de tout le contenu du tube digestif, du sang, des plumes, de tout ou parties (bec, ailes, pattes) de l'animal, de l'eau, du sable, du coton, des débris de coquille, d'aliments, de déjections et de déchets divers.

» Des témoins, de la même couvée, sont placés dans des conditions d'élevage aussi voisines que possible de celles que nous venons de décrire, mais ils sont exposés, depuis leur naissance, à l'infection microbienne normale. Une autopsie comparative entre les élèves stériles et les élèves témoins est faite à la fin de chaque expérience. Le poids de chacun d'eux est noté, ainsi que celui des élèves d'un élevage ordinaire provenant également de la même couvée. »

Les échecs n'ont pas manqué à M. Cohendy. Mais, au cours des trois années consacrées par lui à ces recherches, il est parvenu à réussir sept élevages stériles, dont la durée s'est espacée entre le 15e et le 45e jour. Les

dimensions, nécessairement restreintes, de l'appareil n'ont pas permis de prolonger davantage cette durée.

Or, dans chacune de ces sept expériences irréprochables, les élèves stériles se sont montrés au moins aussi développés et de santé aussi parfaite que leurs témoins.

M. **Cohendy** nous apprend en outre que, rendu à l'infection microbienne normale, le poulet stérile ne souffre pas de la présence des innombrables bactéries saprophytes ou pathogènes qui, en moins de vingt-quatre heures, ont envahi son tube digestif. Le sujet grandit, devient adulte, faitsouche normale.

Ainsi la vie sans microbes est possible pour un Vertébré, le Poulet, pourvu normalement d'une riche flore microbienne.

Cette vie aseptique n'entraîne, par elle-même, aucune déchéance de l'organisme.

On est donc autorisé à faire état de toutes les conséquences doctrinales de ce point de fait, dont la démonstration était environnée des plus grandes difficultés.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Dastre, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Louis Lapicque**.

M. L. **Lapicque**, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, s'est occupé depuis 10 ans d'un sujet difficile et d'un grand intérêt pour la Physiologie générale. Nous voulons parler de l'*excitation électrique* des nerfs, des muscles ou des préparations *neuro-musculaires*. L'Académie connaît déjà le rôle joué par M. Lapicque dans le développement de cette question. Il a substitué des mesures parfaitement rationnelles et expérimentales aux déterminations imprécises de l'excitabilité en usage jusqu'alors. La véritable mesure de l'excitabilité propre d'un tissu, c'est sa *chronaxie* ou *durée de passage* d'un courant constant à début brusque, d'un voltage déterminé (double du voltage rheobasique) nécessaire pour obtenir *le seuil* de l'exci-

tation. Dans les conditions moyennes cette grandeur, véritablement caractéristique de l'excitabilité propre du tissu, varie de $\frac{3}{10000}$ de seconde (gastrocnémien de la grenouille) à *une seconde* (estomac du même animal).

M. Lapicque a étudié depuis 5 ans les circonstances diverses de l'excitabilité neuro-musculaire dans beaucoup de conditions physiologiques. Il présente aujourd'hui au jugement de l'Académie une série de 25 Notes ou Mémoires qui résument l'œuvre accomplie par lui et ses collaborateurs dans les quatre dernières années.

Il a d'abord étendu ses mesures d'excitabilité sur un grand nombre d'animaux, par exemple à des mollusques et à des crustacés marins. D'une façon générale les tissus à fonctionnement lent (estomac de grenouille) ont une chronaxie longue, les tissus rapides (queue de crevette) ont une chronaxie rapide ou courte. Le degré de température a une influence qui devait être étudiée : elle l'a été. M. Lapicque a encore examiné des cas purement expérimentaux : il a mesuré les modifications produites dans l'excitabilité du nerf par une striction progressive. En dernier lieu M. et Mme Lapicque ont examiné le mécanisme de la *curarisation*. L'effet toxique est essentiellement le résultat d'une non-transmission de l'excitation du nerf au muscle. Dans les conditions ordinaires l'excitation passe du nerf au muscle, parce qu'il y a isochronisme d'excitabilité entre ces deux organes; leurs chronaxies sont les mêmes. Cet isochronisme est troublé dans l'intoxication curarique, les chronaxies diffèrent et le passage est rendu de plus en plus difficile et finalement n'a plus lieu.

Dans le système nerveux, au lieu d'un muscle en rapport avec un nerf, il s'agit d'un neurone en rapport avec un autre ou avec plusieurs autres; la situation est la même : le passage de l'influx nerveux a lieu pour les éléments le mieux accordés, c'est-à-dire à chronaxies voisines entre elles; il n'a pas lieu si les chronaxies sont discordantes. On le voit, c'est la question même de l'aiguillage de l'excitation à travers le système nerveux qui se trouve ici posée d'une manière tout à fait suggestive.

Il faut enfin signaler l'étude sur la mesure de l'excitabilité des nerfs *itératifs*, c'est-à-dire des nerfs qui, pour donner une réponse physiologique, exigent une série d'excitations plus ou moins répétées. Tels sont : le pneumogastrique dans son action sur le cœur; les nerfs sensitifs dans leur action réflexe sur les mucles, etc. M. Lapicque constate qu'il y a, dans ces cas, non plus synchronisme, mais hétérochronisme entre la fibre nerveuse et l'appareil fonctionnel qui la termine. Toutes choses égales d'ailleurs (du côté de la température, par exemple), la fréquence des excitations néces-

saire pour obtenir la réponse de l'appareil fonctionnel, au moyen d'une intensité constante de l'excitation, varie suivant l'objet. Il faut environ 15 excitations par seconde pour le réflexe sensitivo-moteur; il en faut 6 pour mettre en jeu l'inhibition cardiaque; il en faut 3 pour les vasomoteurs.

Il a été possible d'étudier méthodiquement les conditions diverses de ce fonctionnement et d'en déduire les bases d'une théorie.

On voit, en somme, combien riche est la mine dont M. Lapicque poursuit l'exploitation avec une pénétration et une persévérance remarquables, et quels profits il est permis d'en attendre encore.

Une mention honorable est attribuée à M. **Samson Levin** pour ses recherches expérimentales sur l'involution du thymus.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. Chauveau, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy; Bouchard, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

Une *Mention très honorable* est accordée à M. **A. Barré**, pour son Ouvrage intitulé : *Les ostéoarthropathies du tabès : Étude critique et conception nouvelle*.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre; Henneguy, rapporteur.)

MM. **Th. Nogier** et **Cl. Regaud** ont adressé, pour le concours du prix Pourat, une série de Notes et Mémoires relatifs à l'action comparée, sur les tissus vivants, des rayons X bruts et des rayons X filtrés.

On sait, depuis les travaux de MM. Benoist, Guilleminot, Belot, etc.,

que, si l'on fait tomber un faisceau de rayons X sur une plaque d'aluminium, celle-ci arrête certains rayons peu pénétrants (rayons mous) et laisse passer des rayons plus pénétrants (rayons durs). Les premiers sont absorbés par la peau et produisent dans l'épiderme des lésions graves, les seconds traversent la peau et sont susceptibles d'agir sur les tissus plus profonds.

Les recherches de MM. Nogier et Regaud comprennent deux séries de travaux : les premiers, purement expérimentaux, ont trait à l'étude des propriétés biologiques des rayons X de diverses qualités et ils ont porté sur le testicule des Mammifères; les seconds sont relatifs à la détermination d'une technique exempte de danger, pour le traitement de cancers inopérables par les rayons X pénétrants sélectionnés.

Les rayons X très durs sélectionnés par des filtres épais (lames d'aluminium de 2^{mm} à 4^{mm} d'épaisseur) produisent des effets homogènes dans une épaisseur de tissu beaucoup plus grande que lorsqu'on fait agir le faisceau brut non filtré. L'épuration de ce faisceau par une filtration suffisante accentue d'une façon remarquable l'électivité cytocaustique des rayons. Vis-à-vis de ceux-ci, les différences de sensibilité des espèces cellulaires d'un même tissu ou organe deviennent très grandes. Dans le testicule, une seule espèce de cellules est détruite, la spermatogonie souche, ce qui entraîne la stérilité définitive; les autres éléments ne subissent aucune lésion. Dans la peau, deux espèces cellulaires seulement sont détruites : les cellules génératrices des bulbes pileux et les cellules génératrices de l'épiderme, le derme restant intact. Ces expériences ont donc fait connaître un fait nouveau, très important au point de vue de la biologie générale et au point de vue pratique, à savoir que certaines espèces cellulaires sont spécialement sensibles à certaines qualités des rayons X.

La découverte de MM. Nogier et Regaud a conduit ces physiologistes à modifier complètement la technique actuelle de la röntgenthérapie. Ils préconisent l'emploi de doses très fortes de rayons X filtrés, doses considérées jusqu'ici comme impraticables et dangereuses, non seulement pour atteindre les organes profonds, mais aussi pour traiter les affections cutanées, car, avec des rayons fortement filtrés, la limite de la tolérance de la peau est considérablement reculée. Les auteurs ont appliqué leur nouvelle méthode au traitement de l'hypertrichose et de tumeurs profondes à travers la peau saine. Les résultats qu'ils ont obtenus sont des plus encourageants et permettent d'espérer que l'application des rayons X sélectionnés par des filtres épais d'aluminium entrera bientôt dans la pratique courante du traitement des tumeurs cancéreuses et de certaines lésions cutanées. Il est intéressant

de rapprocher les recherches de MM. Nogier et Regaud de celles faites sur la filtration des rayons du radium par M. Dominici, qui a montré l'avantage de l'emploi des rayons γ ultra-pénétrants pour le traitement des tumeurs, et de constater que leurs travaux et ceux de M. Dominici ont été faits d'une manière tout à fait indépendante.

A l'unanimité, la Commission propose de décerner le prix Pourat à MM. **Th. Nogier** et **Cl. Regaud**.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON

(Commissaires : MM. Haton de la Goupillière, Émile Picard, Labbé, le Prince Bonaparte; Darboux, Carnot, de Freycinet, rapporteurs.)

Un prix de *mille francs* des décerné à M. **Henri Bresson**, pour ses travaux relatifs à la *Houille verte*.

Un prix de *mille francs* est décerné à M. **Albert Quiquet**, ancien élève de l'École Normale supérieure, vice-président de l'Institut des Actuaires français, pour l'ensemble de ses travaux.

Une mention de *cinq cents francs* est accordée à M. **Thollon**, médecin-major de 2e classe, au 64e régiment d'Infanterie, à Saint-Nazaire, pour son *Essai statistique sur la morbidité atmosphérique*.

Rapport de M. **Darboux**, *sur les travaux de M.* Henri Bresson.

Parmi les écrits présentés au Concours de Statistique de cette année, votre Commission a distingué l'ensemble considérable de travaux présenté par M. **Henri Bresson**.

Grâce à la régularité de son fonctionnement, la machine à vapeur,

favorisée par le développement des chemins de fer qui purent apporter à bas prix la houille dans toutes les régions où elle était auparavant inconnue, avait fait disparaître presque partout les moulins à vent et les usines hydrauliques, qui devaient emprunter leur énergie à des sources sur la régularité desquelles on ne pouvait compter. Les barrages existaient encore sur nos rivières, il aurait été trop coûteux de les détruire, mais ils étaient inutilisés.

Le développement de l'industrie électrique a permis de les employer de nouveau et de remettre en activité une foule d'usines hydrauliques qui étaient depuis longtemps abandonnées.

M. Henri Bresson est un des artisans de cette œuvre grande et utile. Après avoir donné l'exemple en faisant revivre dans l'Orne une usine depuis longtemps en chômage et qui lui appartenait, il a voulu travailler dans l'intérêt général et il a commencé par entreprendre l'étude des barrages qu'on pourrait utiliser sur les cours d'eau de la région normande où il séjourne durant l'été. Ces études, encouragées par la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles, poursuivies avec persévérance et méthode, étendues successivement à toute la France, ont eu surtout pour objet ce que M. Bresson appelle du nom pittoresque de *houille verte* par opposition à la *houille blanche*, produite exclusivement par les puissantes chutes d'eau de nos grandes montagnes.

Parmi les pièces imprimées présentées au Concours par M. Bresson, nous avons particulièrement remarqué :

1° La deuxième édition d'un Ouvrage intitulé *La Houille verte, mise en valeur des moyennes et basses chutes d'eau en France*, 1909;

2° Un *Lexique des meilleures rivières de France pour les utilisations hydrauliques* (houille blanche, houille verte), 1912;

3° Une Carte des distributions publiques hydro-électriques de la France exposée au Concours général agricole en 1913.

Tous ces travaux montrent que si M. Bresson est un statisticien méthodique et habile, il est en même temps un homme d'initiative et d'action.

La Commission propose à l'Académie d'accorder à M. **Bresson** un prix Montyon de *mille francs*.

Rapport de M. **Adolphe Carnot**, *sur les travaux présentés par M.* Albert Quiquet.

M. **Albert Quiquet**, ancien élève de l'École Normale supérieure, vice-président de l'Institut des Actuaires français, présente, pour la première

fois, sa candidature au prix Montyon de Statistique. Il a déposé trois brochures à soumettre au jugement de la Commission, en y joignant une série de Mémoires publiés par lui, afin de faciliter l'appréciation d'ensemble de ses travaux.

De ces derniers nous ne pourrons signaler ici que les titres et les dates de publication que voici :

1° Les graphiques de la *Nationale*, Compagnie d'assurances sur la vie, pour l'Exposition universelle de 1889;

2° *Aperçu historique sur les formules d'interpolation des Tables de survie et de mortalité* (1893);

3° *Représentation algébrique des Tables de survie; généralisation des lois de Gompertz, de Makeham*, etc. (1893);

4° *Sur trois modes de réduction graphique des assurances mixtes aux assurances en cas de décès* (1897);

5° *Sur l'emploi simultané des lois de survie distinctes* (1903);

6° Lettres échangées avec M. Maillet *Sur la mortalité et la longévité des anciens Polytechniciens* (1895);

7° *Sur une nouvelle application des Jacobiens aux probabilités viagères* (1909);

8° *Sur une méthode d'interpolation exposée par Henri Poincaré et sur une application possible aux fonctions de survie d'ordre n* (1912).

A cette occasion, nous devons rappeler que notre illustre et regretté confrère, Henri Poincaré, avait autorisé M. Quiquet à rédiger et publier les Leçons sur le *Calcul des probabilités*, comprises dans son Cours de Physique mathématique professé à la Sorbonne. Un exemplaire de la seconde édition, revue et augmentée par l'auteur et parue en 1912, a été joint à l'ensemble des publications de M. Quiquet.

Les trois Ouvrages spécialement destinés à l'examen de la Commission sont les suivants :

1° *Rapport à la Commission de revision du barème des retraites de l'Association fraternelle des employés et ouvriers des chemins de fer français* (1894).

L'inventaire actuariel, qui avait été demandé par cette Association, a été exposé, selon son vœu, sans le secours de l'Algèbre; à côté de tous les autres documents se trouvent deux statistiques rarement faites, celle de la *nuptialité* et celle de la *paternité*.

2° *Sur la mortalité des enfants en France*, d'après certaines Tables récentes.

Ce Mémoire, publié à Amsterdam en 1912, à l'occasion du VIIe Congrès

international des actuaires, contient pour la première fois une Table de mortalité dressée à l'aide d'observations faites sur plus de 100000 enfants, avec un ajustement algébrique de cette Table.

3° *Rapport sur les travaux organisés par la Commission des Tables de mortalité et de morbidité des Sociétés de Secours mutuels*, de 1899 à 1910.

Ce Rapport à la Commission officielle du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale, publié en 1911, renferme 22 Tables brutes de mortalité, avec distinction des sexes, Tableaux spéciaux pour la population urbaine et la population rurale, ajustements algébriques et Tableaux graphiques.

Tous ces travaux témoignent d'une connaissance approfondie, théorique et pratique, des difficultés et des ressources que rencontre la science de la Statistique pour la solution de plus en plus précise des questions d'assurances, de retraites, etc.

La Commission a jugé que l'auteur, M. **Quiquet**, méritait l'attribution d'un prix de 1000^{fr}.

Essai statistique sur la morbidité atmosphérique,
par M. Tholon, médecin-major au 64e rég^t d'infanterie, à Saint-Nazaire.
Rapport de M. **de Freycinet**.

« Dans une première Partie, dit l'auteur, nous nous proposons d'étudier l'influence des agents atmosphériques sur la morbidité en général (c'est cette Partie que nous présentons au bienveillant examen de l'Académie); dans une seconde Partie, nous étudierions l'influence des météores sur l'organisme humain sain et malade; enfin, dans une troisième et dernière Partie, nous pourrions rechercher les variations de virulence des principaux microbes pathogènes sous l'action des variations de pression, de température, d'état hygrométrique, etc. » Ce n'est donc pas devant un Ouvrage complet que s'est trouvée la Commission, mais devant une sorte de prologue destiné à recevoir une suite logique.

Tel qu'il est, cependant, le travail de M. **Thollon** offre un réel intérêt. Il porte sur une population militaire d'environ 600 hommes et contient les observations de cinq années, 1907 à 1911 inclusivement. Il est disposé en tableaux mensuels faisant connaître chaque jour : la pression barométrique et la température, relevées trois fois en 24 heures; la force et la direction du vent, notées selon les usages adoptés dans les ports maritimes; enfin la

morbidité, calculée d'après le nombre des journées d'hôpital, d'infirmerie et de chambrée. L'auteur a personnellement recueilli ce dernier renseignement; il s'est procuré les autres sur les registres très bien tenus par le bureau du port de Saint-Nazaire. Le résultat de ces observations est rendu sensible à l'aide de sept courbes correspondant respectivement : à la température, à la pression barométrique, au vent, à la pluie, aux journées d'hôpital, d'infirmerie et de chambre.

L'auteur conclut qu'aux fortes pressions ont correspondu généralement des vents frais du Nord et de l'Est, et un accroissement marqué de la morbidité; et qu'aux pressions moindres ont correspondu des vents plus doux du Sud et de l'Ouest, et une diminution de la morbidité. Les quantités de pluie tombées ne paraissent pas avoir eu d'influence. Il croit pouvoir attribuer l'action bienfaisante des basses pressions à ce que les vents d'Ouest, particulièrement, qui en dérivent, ayant passé sur les mers, sont les plus purs qu'on puisse espérer.

L'auteur ne s'illusionne pas d'ailleurs sur la portée des conséquences de cette série d'observations. « Il est bien évident, dit-il, que notre étude statistique ne saurait se généraliser à l'est, au midi, au centre et au nord de la France. »

J'ajoute que la population sur laquelle il a opéré est bien restreinte, et que la durée elle-même, 5 ans, est trop courte pour qu'on puisse asseoir une opinion définitive. Néanmoins, même dans ces limites, le travail de M. **Thollon** mérite l'attention, et, pour l'encourager à en poursuivre l'exécution, j'estime que l'Académie pourrait lui accorder une mention de 500^{fr}.

L'Académie adopte les conclusions de ces Rapports.

HISTOIRE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Ph. van Tieghem, Grandidier, Émile Picard, Guyou, Appell, Bouvier; Darboux, rapporteur.)

Le prix, d'une valeur de *deux mille francs*, est décerné à M. **Molk**, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, pour l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques*.

PRIX GÉNÉRAUX.

MÉDAILLE LAVOISIER.

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem; Darboux, rapporteur.)

La Médaille d'or Lavoisier est décernée par l'Académie à M. **Ernest Solvay**, à l'occasion de son jubilé célébré en septembre 1913, pour l'ensemble de ses recherches sur la fabrication du carbonate de soude par le procédé à l'ammoniaque, ses travaux de thermodynamique, et pour le grand intérêt qu'il a sans cesse témoigné au progrès des Sciences.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem; Darboux, rapporteur.)

Des médailles Berthelot sont décernées à :

MM. **Léger**, lauréat d'un prix Jecker;
Ernest Fourneau, lauréat du prix Berthelot;
Desgrez et **Balthazard**, lauréats du prix Montyon (arts insalubres).

Une médaille Berthelot, en argent, est décernée à M. **Ernest Solvay**, lauréat de la médaille Lavoisier.

PRIX HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Lippmann, Amagat, Bouty, Villard, Branly; Violle, rapporteur.)

L'Académie doit décerner cette année, pour la première fois, le prix Henri Becquerel. Elle a pensé se conformer pleinement aux volontés de notre illustre et regretté Confrère en l'attribuant à un jeune physicien ayant déjà fait ses preuves et sur qui elle puisse compter pour assurer « le progrès des sciences ». Elle a donc chargé la Section de Physique de lui désigner un jeune savant remplissant ces conditions.

M. **Louis Dunoyer** a commencé ses recherches dès sa sortie de l'École Normale en 1905, s'appliquant tour à tour au magnétisme terrestre, à la formation des rayons cathodiques, à la théorie cinétique des gaz et aux propriétés électriques et optiques des vapeurs. Chacun de ses Mémoires décèle une science et une ingéniosité aussi remarquables dans la conception théorique que dans la réalisation expérimentale.

Ainsi, sa thèse sur les compas de la marine donne la formule qui relie les déviations, expérimentalement observables, qu'une paire de sphères de fer doux fera subir à un compas dans le champ magnétique uniforme d'un laboratoire, et les déviations que les mêmes sphères, placées de la même manière, produiront à bord dans le champ magnétique déformable suivant l'orientation du navire. Cette formule est aujourd'hui généralement utilisée pour

l'établissement des Tables de puissances compensatrices des correcteurs en fer doux. Comme à cette époque on n'admettait qu'aucun compas magnétique ne pouvait être utilisé dans les blockhaus cuirassés où le commandant doit se tenir pendant le combat, il imagina un compas électromagnétique dont les essais sur divers cuirassés présentèrent des résultats intéressants. Mais, des modifications ayant été apportées à la construction des blockhaus cuirassés, le champ magnétique intérieur devint utilisable, sous certaines conditions, par un compas magnétique suffisamment sensible : c'est ce que l'auteur démontra à la suite de recherches effectuées sur le champ magnétique du cuirassé *Vérité*, au moyen d'un appareil nouveau, extrêmement ingénieux, le dygographe. L'emploi simultané de plusieurs dygographes sur un même cuirassé (le *Danton*) a permis récemment de faire en deux ou trois tours d'horizon l'étude complète du champ magnétique du bâtiment et, par conséquent, de procéder d'une manière rationnelle à l'installation des compas magnétiques de bord de ce cuirassé et jusque dans ses blockhaus.

L'origine des rayons cathodiques se trouve-t-elle dans le gaz résiduel qui remplit le tube à décharges ou dans la matière qui constitue la cathode? Pour éclaircir cette question, M. Dunoyer prépara des tubes munis d'électrodes en acier poli, où le vide fût poussé extrêmement loin, de sorte qu'aucune luminescence verte ne restât observable sur les parois, même pour les plus hautes différences de potentiel obtenues avec une forte bobine d'induction. Si alors, par une distillation convenablement conduite, on amène la condensation d'un métal alcalin en gouttelettes microscopiques sur les électrodes, on voit reparaître sur les parois de l'ampoule des taches de fluorescence verte, correspondant à autant de faisceaux cathodiques extrêmement déliés, dont le point de départ est constitué par chacune des gouttelettes microscopiques. Il rattacha ainsi la formation des rayons cathodiques à une émission d'électrons par le métal de la cathode, en vertu du phénomène d'Edison.

Se proposant d'établir la réalité du mouvement des molécules gazeuses, il a su isoler dans le vide un faisceau de molécules dont les trajectoires soient parallèles entre elles et sur le trajet duquel un obstacle interposé porte ombre sur la paroi, ce qui s'expliquera aisément si l'on admet un mouvement rectiligne des molécules entre deux chocs. Dans cet ordre d'idées seraient à citer les expériences originales qu'il a effectuées dans une Conférence très remarquée à la Société française de Physique sur les gaz ultrararéfiés, où le chemin moyen de libre parcours devient grand par rapport aux dimensions du récipient qui renferme le gaz.

Les efforts de M. Dunoyer ont spécialement porté sur les propriétés électriques et optiques des vapeurs métalliques et notamment de la vapeur de sodium. La conductibilité de cette vapeur, admise à tort comme exceptionnelle, servait de base à une explication du phénomène remarquable de fluorescence dont cette vapeur est le siège quand on y fait passer un faisceau de lumière blanche. Les électrons facilement libérés à la surface de l'atome (électrons de valence) devaient expliquer à la fois la conductibilité de la vapeur, ses raies d'absorption et ses bandes de fluorescence, considérées comme connexes de la conductibilité. M. Dunoyer a montré qu'aucune expérience ne permettait de rattacher la fluorescence de la vapeur de sodium à une augmentation de la conductibilité sous l'action de la lumière.

Depuis les expériences de Wiedemann et Schmidt en 1896, on savait que le passage d'un faisceau de lumière blanche à travers de la vapeur de sodium y faisait apparaître une belle fluorescence verte. Une étude approfondie de M. Wood avait montré que le spectre de la lumière ainsi produite par fluorescence était formé d'un grand nombre de bandes, au milieu desquelles n'apparaissaient qu'avec difficulté les raies D. Comment, dès lors, concevoir convenablement le système vibrant, extraordinairement complexe, que constitue un atome de sodium? M. Dunoyer établit que la fluorescence verte disparaît et se transforme en une fluorescence orangée, simplement constituée par les raies D, quand la vapeur de sodium est rigoureusement pure. La fluorescence verte et le spectre complexe qui lui correspond sont dus à la présence des gaz étrangers que dégage le sodium du commerce quand on le chauffe dans le vide. On observe la transformation continue de la couleur de la fluorescence lorsqu'on prolonge le chauffage et la marche de la pompe à faire le vide.

Un curieux phénomène se présente alors si la lumière excitatrice est produite par un arc à courant continu entre crayons de charbon : le charbon négatif émet un spectre où les raies D brillent avec un vif éclat, tandis que le cratère positif donne un spectre continu. Les deux faisceaux, issus des deux charbons incandescents, passent ensemble à travers la vapeur de sodium, légèrement mêlée des résidus des gaz primitivement occlus dans le métal, provoquant, l'un une fluorescence verte d'où les raies D sont absentes, l'autre une fluorescence orangée sans spectre cannelé. Une faible différence dans le mode d'excitation produit une différence marquée dans la manière suivant laquelle réagit le complexe formé par la vapeur métallique et le résidu gazeux soumis à l'excitation.

M. Dunoyer a étudié également la fluorescence des vapeurs de potassium, de rubidium et de cæsium, où il a su retrouver les mêmes phénomènes et où il s'est attaché particulièrement à mesurer le degré de polarisation de la lumière émise par ces différentes vapeurs.

Mais, comme il le remarque très justement, l'intérêt des phénomènes de fluorescence dans les vapeurs métalliques réside surtout en ceci que l'émission de lumière par ce phénomène paraît relever d'une cause directement accessible au calcul. Dans ces phénomènes, en effet, et surtout dans ceux qui méritent particulièrement le nom de résonances optiques ou de réémissions sélectives de certaines radiations excitatrices, la cause directe du mouvement des vibrateurs lumineux n'est-elle pas le champ électromagnétique de l'onde incidente, champ dont les propriétés sont entièrement définies par les équations de Maxwell?

L'auteur a su montrer récemment qu'il était facile de faire résonner, optiquement de façon intense, la vapeur de sodium pure sous l'excitation de la lumière D. Si l'on forme l'image d'une flamme sodée sur la paroi d'un petit ballon vide, contenant un peu de sodium pur, l'image reste invisible tant que le ballon est froid, mais devient aussi nette et presque aussi brillante que si la paroi était tapissée intérieurement d'un papier blanc, quand on chauffe le ballon vers 300°. Il se produit donc une réémission de la lumière excitatrice dans toutes les directions, par les résonateurs moléculaires. Cette réémission est d'ailleurs limitée à une couche gazeuse extrêmement mince au voisinage de la paroi, car la lumière efficace est rapidement absorbée. Elle n'est elle-même, en fait, qu'une portion minime de la lumière émise, correspondant aux raies D, la lumière émise par résonance étant elle-même sans doute d'une extrême pureté pour chacune de ces raies. Le seul autre cas connu actuellement d'une pareille résonance a été signalé l'an dernier par M. Wood dans la vapeur de mercure. Dans les deux cas, la résonance primaire est accompagnée, aux plus faibles tensions de la vapeur, d'une résonance secondaire dont l'étude pourra fournir des renseignements intéressants sur la durée des vibrations libres d'un résonateur moléculaire.

En présence de ces recherches qui l'ont vivement frappée, la Section de Physique vous propose à l'unanimité de décerner le prix Henri Becquerel à M. **Louis Dunoyer**.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX GEGNER.

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller; Gaston Darboux, rapporteur.)

Le prix est attribué à M. **J.-H. Fabre**, Correspondant de l'Académie.

PRIX LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller ; Darboux, rapporteur.)

Les arrérages de cette Fondation, due à la libéralité de feu M. le professeur Lannelongue, Membre de l'Institut, sont partagés entre Mme **Cusco** et Mme **Ruck**.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller; Gaston Darboux, rapporteur.)

Ce prix *annuel*, d'une valeur de *mille francs*, fondé par Mme Vve Gustave Roux, en souvenir de son mari, est destiné à récompenser un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie. En aucun cas le prix ne pourra être divisé.

Le prix est décerné à M. **Montel**, chargé de conférences à la Faculté des Sciences de Paris, pour ses travaux sur la théorie des fonctions analytiques.

Conformément aux clauses de la donation, le titulaire devra, dans le mois qui suivra l'attribution du prix, aller visiter, au cimetière du Montparnasse, la tombe de M. Gustave Roux.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller; Gaston Darboux, rapporteur.)

Le prix est attribué à M. **Charles Frémont**.

PRIX LECONTE (Arrérages).

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller; Darboux, rapporteur.)

La Commission décerne un prix Leconte de *deux mille cinq cents francs* à M. S. **Bivort**, pour récompenser les travaux qu'il a publiés depuis dix ans sur les machines à sténographier, et pour lui permettre de construire une telle machine à l'usage des aveugles.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Ph. van Tieghem, Lippmann, Émile Picard, Violle, Lemoine, Baillaud; Darboux, rapporteur.)

Ce prix, d'une valeur de *quatre mille francs*, est décerné à M. **Borrelly**, ancien astronome à l'Observatoire de Marseille, pour récompenser toute une vie de belles découvertes et de dévouement à la Science.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Chauveau, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin; Guignard, rapporteur.)

Le prix est partagé :

Un prix de *trois mille francs* est décerné à M. **Émile Demoussy**, assistant au Muséum d'Histoire naturelle, pour l'ensemble de ses recherches sur l'introduction des matières minérales dans les plantes et sur leurs effets.

Un prix de *mille francs* est décerné à M. **Agulhon**, préparateur à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur le rôle du bore chez les êtres vivants.

M. **Émile Demoussy**, assistant au Muséum d'Histoire naturelle, s'occupe depuis longtemps des problèmes d'ordre physico-chimique que soulèvent la Physiologie végétale et l'Agronomie; il s'est surtout intéressé à l'action toxique qu'exercent certaines substances minérales sur la végétation et ses premières recherches sur ce sujet, relatives à l'absorption des sels par les jeunes plantes en voie d'accroissement, se trouvent consignées dans sa Thèse

pour le Doctorat. Il y fait remarquer que cette absorption est sélective, que certains corps nuisibles, comme le nitrate de baryum, ne sont pas enlevés par elles à leur dissolution, tandis que d'autres, comme le nitrate ou le chlorure de potassium, sont rapidement pris et assimilés. Il est alors impossible de les en faire sortir tant qu'elles sont vivantes; mais, si on les place dans l'eau pure après les avoir tuées ou simplement chloroformées, on les voit abandonner à ce liquide toutes les matières salines qu'elles avaient prises antérieurement, y compris les nitrates. Cette observation est d'une grande importance, car elle donne une preuve évidente du rôle que jouent, dans la vie cellulaire, les membranes semi-perméables qui limitent le protoplasma et fournit une explication rationnelle des excreta minéraux qu'on voit sortir des plantes annuelles vers la fin de leur existence.

M. Demoussy a également observé ce fait curieux que, lorsqu'une plante a absorbé un sel jusqu'à refus, elle est devenue par cela même incapable d'en absorber un autre, comme si elle possédait une capacité de saturation comparable à celle des composés chimiques définis.

Plus tard, en collaboration avec son maître P.-P. Dehérain, M. Demoussy a étudié l'action toxique qu'exerce une trace de cuivre sur la germination des graines. L'eau distillée du commerce, qui renferme du cuivre dans la proportion de $\frac{1}{10\,000\,000}$ environ, est impropre à la germination et ce n'est pas, comme le croyait Bœhm, l'absence de chaux qui est ici nuisible, car il suffit de redistiller cette eau dans un appareil de verre pour lui faire perdre sa nocivité; l'addition d'une petite quantité de chaux produit, d'ailleurs le même effet. Ce travail est doublement intéressant, en ce qu'il nous montre, mieux qu'on ne l'avait encore fait à cette époque, l'influence que certains corps peuvent exercer, même à dose infinitésimale, sur le développement des plantes, et nous signale pour la première fois l'action préservatrice de la chaux, qui depuis a été reconnue dans bien d'autres circonstances.

Profitant de ce que certains organes végétaux changent de couleur quand la mort de leur protoplasma permet aux diastases de se mélanger avec les glucosides, comme l'a fait voir M. Guignard, M. Demoussy a reconnu que les feuilles se comportent, vis-à-vis du cuivre, exactement de la même manière que les graines; c'est ainsi, par exemple, que les feuilles d'Aucuba noircissent au contact d'une solution très étendue de sulfate de cuivre, tandis qu'elles restent inaltérées au contact de la même solution additionnée d'une trace de chaux.

La même méthode a été appliquée par le même auteur à l'étude de l'action toxique des sels ammoniacaux et l'a conduit aux mêmes résultats.

L'influence d'un excès d'acide carbonique sur l'activité chlorophyllienne l'a longuement préoccupé et, au cours de ces recherches spéciales, M. Demoussy a observé que, pour agir favorablement, le gaz employé doit être absolument pur : c'est le cas de celui qui s'échappe d'une dissolution d'acide carbonique ou qui se dégage par calcination du bicarbonate de sodium. Celui qu'on obtient par la méthode classique, en attaquant du marbre par l'acide chlorhydrique, exerce, au contraire, une action fâcheuse, attribuable à quelque impureté qu'il est impossible d'arrêter par filtration ou lavage : encore un cas particulier de ces influences d'infiniment petits chimiques dont on connaît maintenant un si grand nombre d'exemples.

En vue d'interpréter l'absorption et l'insolubilisation des substances minérales par les plantes M. Demoussy a étudié l'action de certains sels sur l'amidon et a reconnu que ce corps est susceptible de contracter de véritables combinaisons avec un grand nombre d'oxydes métalliques, à l'exemple des sucres, dont il se trouve ainsi posséder la fonction de pseudo-acide. Enfin, et bien que ces derniers travaux ne soient plus aussi directement en rapport avec la destination du prix Longchampt, il convient de rappeler que M. Demoussy, en collaboration avec M. L. Maquenne, a examiné d'une façon toute spéciale l'influence abiotique des rayons ultraviolets sur les feuilles vertes et effectué récemment une longue série de recherches sur la respiration végétale, qui a conduit à d'importants résultats.

L'ensemble de ces travaux, méthodiquement poursuivis depuis plus de 25 ans, ont éclairé d'un jour tout nouveau certains points encore obscurs de la physiologie végétale.

M. **Agulhon** a adressé à l'Académie, pour le concours du prix Lonchampt, une série de notes ou mémoires relatifs à la présence du bore chez les êtres vivants.

L'existence normale de cet élément dans le règne végétal avait été affirmée par Jay et Dupasquier, mais fortement contestée par d'autres savants. En utilisant des méthodes de recherches très sensibles et un procédé de dosage précis établi en collaboration avec M. Gabriel Bertrand, M. Agulhon a pu montrer que le bore était toujours présent chez les plantes et dans les produits d'origine végétale (vin, alcools, etc.). La proportion d'acide borique peut être assez considérable : elle atteint souvent $0^{g},6$ pour 100 des cendres chez les végétaux marins ; elle est variable, mais généralement plus faible chez les végétaux terrestres ; cependant l'auteur a pu doser jusqu'à

$1^{g},17$ pour 100 des cendres en acide borique dans un cas (écorce de bouleau).

La présence constante du bore étant démontrée, M. Agulhon s'est attaché à rechercher s'il présentait quelque utilité pour les végétaux. Il a cultivé tout d'abord différents organismes inférieurs (levure, ferment lactique, *Aspergillus niger*), sur des milieux privés de bore ou contenant des doses croissantes de cet élément. Il n'a observé aucune action favorisante, mais seulement, pour les fortes doses, une action antiseptique. Il n'en a pas été de même quand il s'est adressé aux végétaux supérieurs : cultivés en milieux synthétiques liquides ou solides, ces derniers ont notablement bénéficié de la présence de petites quantités de bore dans leurs milieux de culture. Dans certains cas, l'acide borique, ajouté directement aux sols naturels, a augmenté de même les récoltes dans de notables proportions; le bore semble donc pouvoir être employé avec succès comme engrais catalytique et sa valeur paraît approcher de celle du manganèse. Quelques expériences tentées depuis en grande culture ont donné des résultats satisfaisants.

Examinant ensuite l'influence de l'acide borique sur les actions diastasiques, l'auteur a reconnu qu'elle est à peu près nulle. Ce fait explique en partie le faible pouvoir antiseptique de l'acide borique, qui active les phénomènes de coagulation diastasique, mais agit alors comme coagulant et non comme activant de la diastase.

En collaboration avec M. Gabriel Bertrand, M. Agulhon a étendu ses recherches analytiques à la série animale, où jusqu'alors aucun auteur n'avait réussi à déceler le bore. Ces observations ont montré que ce corps est normalement présent dans tous les organes des animaux supérieurs et dans les différents groupes zoologiques : il doit donc être rangé parmi les éléments constitutifs de la matière vivante.

En raison de l'intérêt présenté par les travaux des deux candidats dont il vient d'être question, la Commission propose à l'Académie de les récompenser en attribuant, sur le montant du prix Lonchampt, une somme de 3000^{fr} à M. **Demoussy** et une somme de 1000^{fr} à M. **Agulhon**.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Darboux, Boussinesq, Lippmann, Émile Picard, Léauté; Appell, rapporteur.)

Le prix est partagé :

Un prix de *deux mille francs* est décerné à M. **Camille Tissot**, capitaine de frégate, pour ses travaux sur la télégraphie sans fil.

Un prix de *mille francs* est décerné à M. **Maire**, bibliothécaire à la Sorbonne, pour ses travaux sur l'Histoire des Sciences.

Rapport sur les travaux de M. Camille Tissot, *par* M. **Appell**.

Dans une série de Notes publiées aux *Comptes rendus* de l'Académie et dans diverses autres Publications, M. le commandant **Tissot** a fait connaître le résultat de ses recherches sur les détecteurs à contacts solides, recherches qui ont beaucoup contribué à développer l'usage de ces détecteurs, si commodes et aujourd'hui si répandus dans la technique de la Radiotélégraphie.

Parmi les applications auxquelles ces détecteurs se prêtent par excellence, il convient de signaler la transmission des signaux horaires aux marins, transmission dont l'idée et l'initiative, ainsi que le faisait remarquer notre regretté confrère Henri Poincaré dans la séance du 6 juin 1910, sont dues à M. le commandant Tissot.

Pour reconnaître ces travaux et ces initiatives, la Commission propose d'attribuer à M. le capitaine de frégate **Tissot** une somme de *deux mille francs* sur le total du prix Saintour.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX HENRI DE PARVILLE (Ouvrage de Science).

(Commissaires : MM. Guyon, Appell, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Armand Gautier, Carnot; Darboux, rapporteur.)

Ce nouveau prix annuel, d'une valeur de *deux mille cinq cents francs, destiné à récompenser l'Ouvrage de Science qui en paraîtra le plus digne :*

Livre de science original ou livre de vulgarisation scientifique, est décerné à M. **Jean Perrin**, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, pour son Ouvrage sur les atomes.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, Perrier, Émile Roux, Laveran ; d'Arsonval, Dastre, rapporteurs.)

A l'occasion du prix Fanny Emden, établi pour la première fois en 1911, le rapporteur, notre confrère M. Yves Delage, s'exprimait ainsi :

« Ce nouveau prix biennal, d'une valeur de 3000^fr, fondé par Mlle Juliette de Reinach, est destiné à récompenser le meilleur travail traitant de l'hypnotisme, de la suggestion et, en général, des actions physiologiques qui pourraient être exercées à distance sur l'organisme animal.

» Après examen attentif de la question délicate soumise au jugement de la Commission, celle-ci a décidé de ne pas décerner le prix. Il lui a semblé, en effet, que le prix ne pouvait être attribué qu'à un travail faisant connaître des faits nouveaux et surtout donnant de ces faits des preuves absolument incontestables. On ne saurait, en effet, se montrer trop exigeant sur ce point, car c'est précisément parce qu'elle est encombrée d'une masse énorme d'expériences qui seraient capitales si elles étaient complètement démontrées, mais qui prêtent le flanc aux objections les plus sérieuses; c'est pour cette raison, dis-je, que la science que voudrait encourager la fondatrice du prix est tombée dans un certain discrédit ».

Votre Commission de 1913, s'inspirant du même esprit, est arrivée à la même conclusion qu'il n'y avait pas lieu de décerner encore ce prix.

Parmi les travaux qui ont été soumis à son appréciation, il en est deux néanmoins qui lui ont paru, à des titres différents, mériter une récompense.

Elle propose d'attribuer, à titre d'encouragement, une somme de *deux mille francs* à M. **Guillaume de Fontenay** et une somme de *mille francs* à M. **J. Courtier**.

Rapport de M. **d'Arsonval.**

Des divers travaux soumis par M. de Fontenay à l'appréciation de la Commission, il en est un qui a tout particulièrement retenu son attention.

Il s'agit d'un Mémoire manuscrit, accompagné d'épreuves photographiques, intitulé : *Sur quelques réactions au contact de la plaque photographique*.

La photographie rend de très réels services dans toutes les sciences expérimentales. Ces services sont de deux ordres : tantôt la plaque sensible sert à enregistrer des phénomènes physiques que nos yeux peuvent voir; elle constitue alors une méthode de *contrôle*, nous assurant que nous ne sommes pas le jouet d'illusions sensorielles. D'autres fois, au contraire, nous l'employons à enregistrer des phénomènes qui échappent à notre vue, soit à cause de la faiblesse des radiations émises, soit à cause de la période vibratoire de ces radiations. Nous faisons alors de la photographie de *découverte* en substituant à notre œil insensible un récepteur plus parfait.

C'est en ce plaçant à ce double point de vue que M. de Fontenay a abordé, après bien d'autres, l'étude de certains phénomènes psychiques.

La photographie est un excellent moyen de contrôle et de recherche, mais elle ne saurait à *elle seule* prouver l'*authenticité* d'un phénomène. Il faut faire entrer en ligne de compte à la fois la science, l'habileté opératoire et la valeur morale de l'expérimentateur. Il peut y avoir parfois de la part de celui qui a pris le cliché erreur involontaire (erreur de technique ou d'interprétation) ou fraude voulue. C'est surtout le premier cas que M. DE FONTENAY a traité dans le Mémoire en question, en étudiant expérimentalement et avec un soin tout particulier, les réactions que donnent au contact d'une plaque photographique des papiers manuscrits et imprimés.

Il a soumis de tels dispositifs à l'action de divers agents physiques, notamment de diverses sources de chaleur artificielle ou organique.

Il a rencontré, au cours de ses expériences, un grand nombre de faits dont les apparences sont susceptibles d'induire en erreur, et il a le grand mérite de les avoir signalés dans le Mémoire que votre Commission vous propose de récompenser.

Rapport de M. **DASTRE.**

Une somme de 1000fr est attribuée à la publication de M. **JULES COURTIER**, intitulée : *Rapport sur les séances d'Eusapia Palladino à l'Institut général psychologique en* 1905-1906-1907-1908.

Au cours des années de 1905 à 1908, le célèbre médium, Eusapia Palladino, a donné à l'Institut général psychologique de Paris, 14, rue de Condé, un total de 43 séances, en présence de savants, de médecins, de philosophes, tels que MM. d'Arsonval, Curie et Mme Curie, Debierne, Gilbert Ballet,

Perrin, Langevin, Ch. Richet, Bergson, L. Favre, etc. Ces séances avaient été organisées par MM. Youriévitch et Jules Courtier. C'est le procès-verbal de ces séances, avec les conclusions qu'elles comportent que vient de publier M. Courtier.

Eusapia Palladino a commencé en 1868, vers l'âge de 13 à 14 ans, à éprouver ses premières visions et à produire les manifestations plus ou moins mystérieuses qui ont établi sa renommée grandissante d'année en année. Ces manifestations consistent en déplacements d'objets à distance, coups frappés sur une table avec laquelle il semble que le médium ne peut avoir contact, soulèvement dans des conditions analogues d'une table à quatre pieds, variations apparentes du poids des objets (lévitation), contacts avec les assistants et coups frappés sur eux, mouvements de voiles et rideaux soulevés comme par un vent assez violent; voilà pour les faits d'ordre mécanique. Des apparitions lumineuses, lueurs, points brillants, étincelles, figures de diverses formes, par exemple en forme de mains, complètent l'énumération des phénomènes que les assistants de l'Institut psychologique ont voulu examiner dans des conditions de contrôle aussi bonnes que le permettaient les exigences du médium pour leur production.

D'autre part, Eusapia avait été soumise à un certain nombre d'observations et de mesures psychophysiologiques concernant ses facultés mentales, sa mémoire des chiffres, des mots, des formes, des couleurs, sa capacité d'attention, son aptitude au calcul mental, sa capacité d'association des idées. On a déterminé la durée de ses temps de réaction. D'autre part, au point de vue physique, on a noté sa force au dynamomètre, son action positive ou nulle pour décharger l'électroscope, pour la production du champ magnétique. Pendant les expériences, on a enregistré par la méthode graphique, les déplacements de la table et des objets. On a noté l'accroissement de poids du médium dans le cas de soulèvement de la table.

Enfin, avant d'accepter comme réelles les manifestations médiumnales, actuellement inexplicables par les lois physiques ou même contraires à elles, M. Courtier et ses collaborateurs signalent l'insuffisance des moyens de contrôle que tolère le médium : l'opération presque toujours accomplie à l'obscurité; l'obligation ordinaire, sinon absolue pour les assistants, d'immobiliser leurs mains, en faisant la chaîne, et de renoncer ainsi au contrôle du toucher après celui de la vue, et encore la fatigue de l'attention pendant la surveillance prolongée, les causes de distraction et de suggestion créées par l'observation en commun. A mesure que le contrôle se perfectionne ou se renforce, l'échec des tentatives du médium devient de plus en plus

fréquent. Ajoutons, enfin, que les tricheries, fraudes, supercheries, substitutions, n'ont pas fait de doute dans quelques cas. L'étude de M. **Courtier** est consciencieuse, prudente et s'inspire du véritable esprit scientifique.

L'Académie adopte les conclusions de ces Rapports.

PRIX D'ORMOY (Sciences mathématiques pures et appliquées).

(Commissaires : MM. Jordan, Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert; Darboux, rapporteur.)

La Commission décerne le prix à M. **Claude Guichard**, Correspondant de l'Institut, Professeur de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX PETIT D'ORMOY (Sciences naturelles).

(Commissaires : MM. Ph. van Tieghem, Guignard, Émile Roux, Bouvier, Douvillé, Termier; Dastre, rapporteur.)

Ce prix, d'une valeur de *dix mille francs*, est décerné à M. **Jules Lefèvre**, professeur au Lycée du Havre, pour l'ensemble de ses travaux.

M. Lefèvre né en 1863, élève de l'École Normale supérieure en 1884, agrégé des Sciences naturelles en 1888, est depuis cette époque professeur au lycée du Havre. Professeur scrupuleux, dévoué à ses devoirs professionnels, il a exercé une influence heureuse sur la jeunesse confiée à ses soins et parfaitement réussi dans son enseignement. Et, d'autre part, à côté de sa tâche professionnelle, il s'en est imposé une autre, bénévole, non moins lourde, une tâche scientifique qu'il a remplie de la façon la plus brillante et qui lui a valu, en 1904, le prix Laborde de la Société de Biologie; en 1905, le prix Montyon de Physiologie à l'Académie des Sciences et, en 1908, le prix Pourat, encore à l'Académie des Sciences. Les recherches de M. Lefèvre se rattachent presque toutes à la Bioénergétique et à la Chaleur animale. Cependant il importe de signaler deux Mémoires insérés dans la *Revue générale de Botanique* en 1906 et 1907, sur *le développement des plantes à chlorophylle à l'abri du gaz carbonique, dans un sol amidé* et *sur la synthèse*

chlorophyllienne, qui sont connus de tous les botanistes au courant de la Physiologie végétale.

L'œuvre de M. Lefèvre, en Physiologie animale et Physique biologique, comprend trente Mémoires publiés depuis 1895 dans les *Archives de Physiologie*, dans le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, et dans le *Journal de Physique*. Ces travaux ont un double caractère doctrinal et expérimental. Au point de vue expérimental, M. Lefèvre a donné des preuves d'ingéniosité industrieuse en construisant, le plus souvent de ses mains, et en tout cas avec de faibles ressources, les appareils et instruments qui lui étaient nécessaires. Il a créé ainsi, avec des moyens de fortune, un laboratoire bien personnel adéquat à ses besoins, et dans lequel il a exécuté des mesures d'une précision irréprochable.

Les premières recherches ont porté sur *la marche de la déperdition calorifique*. Elles ont établi, par trois méthodes d'expérimentation, que chez l'homme et les mammifères qui s'en rapprochent le *débit de chaleur va en s'accélérant avec la chute de température du milieu*. C'était mettre fin aux discussions des auteurs : les uns (Rosenthal, Ansiaux, d'Arsonval, Rubner) admettant un minimum de déperdition vers 25°; les autres (Ch. Richet, Langlois) un maximum vers 15°; d'autres (Pflüger) acceptant une proportionnalité de la déperdition à la chute de température; d'autres, enfin, (Winternitz, Senator) niant toute influence de ce genre. C'était un premier point fixé.

Dans une autre série de recherches pour lesquelles il a créé un outillage thermoélectrique perfectionné, M. Lefèvre a étudié la *Topographie thermique dans les réfrigérations*, et montré la marche parallèle de toutes les températures profondes et la condition spéciale de la température de la peau au contact du bain glacé. La peau conserve une température très supérieure à celle du milieu. Dans le réchauffement, Lefèvre saisit sur le fait deux foyers de thermogenèse, à savoir : le foie et les muscles. Chez les chiens les muscles l'emportent sur le foie ; chez le lapin, c'est le foie qui est le foyer presque unique. Enfin, l'auteur définit expérimentalement la plus basse température compatible avec la vie.

Une troisième série d'études sur la *Thermogenèse* montre que la production de chaleur est excitée par le froid, grâce à un mécanisme nerveux réflexe. Et cette excitation est telle que la production de chaleur peut être instantanément décuplée. Mais c'est là un effet de courte durée et Lefèvre nous fait connaître les phases successives de la lutte de l'organisme vaincu par le froid. Sa température descend par échelons successifs. A 25° le

réchauffement du mammifère deviendra impossible et la mort fatale.

En 1908, l'Académie des Sciences avait mis au concours, pour le prix Pourat, la solution du paradoxe relatif au rôle de la calorification. D'une part, la chaleur est une énergie dégradée; elle apparaît comme une sorte d'*excretum* imposé à l'organisme à la fin du cycle énergétique, comme résidu des combustions alimentaires. D'autre part, l'organisme supérieur est organisé pour produire de la chaleur (thermogenèse), de la *chaleur utile*, afin de lutter contre le refroidissement et de maintenir à un degré constant la température centrale de l'animal homéotherme, condition essentielle de son optimum de fonctionnement. La chaleur totale du corps se compose donc de deux chaleurs bien distinctes : l'une, résidu de l'activité dépensée, mesure l'énergie fixe du service physiologique; l'autre, variable avec les conditions thermiques du milieu, est spécialement produite et réglée pour compléter la première et assurer le service homéotherme de l'économie. M. Lefèvre a mesuré ces deux facteurs. Chez l'homme, il suffit de maintenir le corps dans un bain à 35°, pour que l'organisme se maintienne à température fixe et n'emprunte plus rien au milieu et ne lui restitue rien, en fait de chaleur. Le service homéothermique est supprimé. On constate alors, par les mesures de calorimétrie directe ou indirecte, que l'organisme dégage de 1450^{cal} à 1500^{cal}. C'est la chaleur ou l'énergie minima imposée à l'organisme pour l'*entretien de son fonctionnement physiologique*. Dans les conditions ordinaires la dépense énergétique étant de 2200^{cal}, la marge du *service de chauffage* est de 750^{cal} environ.

On conçoit l'intérêt profond d'une détermination de ce genre.

— Au point de vue doctrinal, M. Lefèvre a publié un grand Ouvrage : *Chaleur animale et Bioénergétique*, où se trouve codifié et coordonné le chaos des matériaux accumulés depuis trente ans par les fondateurs de l'Énergétique biologique : Robert Mayer et Helmholtz en Allemagne, Berthelot en France et surtout Chauveau, et les physiologistes qui se rattachent à lui à ce point de vue, Morat, Dastre, Weiss, etc. C'est la synthèse de l'un des plus grands progrès de la Physiologie contemporaine.

A tous ces titres M. **Lefèvre** a paru digne de recevoir le prix Petit d'Ormoy, qui récompense une carrière scientifique.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Lippmann, Violle, Amagat, Vieille; Villard, Lecornu, rapporteurs.)

Le prix est partagé :

Un prix de *deux mille francs* est décerné à M. **Ch. Fabry.**
Un prix de *deux mille francs* est décerné à M. **H. Buisson.**
Un prix de *mille francs* est décerné à M. **Rodolphe Soreau.**

Rapport de M. **Villard.**

Les applications modernes de la Spectroscopie exigent à tout instant que l'on connaisse, avec la plus haute approximation possible, les longueurs d'onde d'un certain nombre de raies spectrales servant de repères. Une centaine de raies du spectre du fer ont été mesurées dans ce but par MM. **Fabry** et **Buisson**, avec une précision inconnue avant eux, et entièrement confirmée depuis par les déterminations faites en Amérique et en Allemagne. Ce travail considérable a été complété par la publication d'un très bel Atlas du spectre du fer.

Les méthodes délicates, employées au cours de cette étude, ont été appliquées par MM. Fabry et Buisson à la recherche de très petites différences de longueur d'onde pouvant exister entre une raie solaire et la même raie émise par une source artificielle. Leurs observations établissent que ces différences, déjà soupçonnées par Rowland et Jewell, sont réelles : toutes les raies du spectre solaire sont déplacées vers le rouge, et, si parfois l'écart paraît être en sens inverse, cette apparence provient d'un élargissement dissymétrique de la raie de comparaison et disparaît si l'on supprime cet élargissement par l'emploi d'un arc électrique dans une atmosphère raréfiée.

Incidemment, l'étude de l'arc entre métaux a conduit MM. Fabry et Buisson à plusieurs résultats nouveaux, à ce fait en particulier que l'arc électrique émet toujours, mais en des régions très étroites, les raies dites d'*étincelle*.

Les mêmes auteurs ont mesuré, par des méthodes nouvelles, la puissance, en unités absolues, d'un flux lumineux donné, et évalué le rende-

ment des lampes à mercure, ainsi que l'équivalent mécanique de la lumière dans diverses régions du spectre.

Une autre série de travaux est relative à l'extrémité ultraviolette du spectre solaire : les belles recherches de Cornu ont montré que la brusque limitation de ce spectre, vers 3000 angströms, est causée par l'absorption atmosphérique, et Hartley a pensé qu'on pouvait l'attribuer à l'ozone, mais cette hypothèse ne reposait que sur l'existence d'une forte bande dans la région ultraviolette du spectre d'absorption de ce gaz. Les mesures précises de MM. Fabry et Buisson confirment numériquement cette hypothèse et nous apprennent que la très haute atmosphère contient une quantité considérable d'ozone, plus de 50 fois supérieure à celle que les dosages faits au voisinage du sol indiqueraient pour la totalité de l'enveloppe gazeuse de la Terre, l'existence de cet ozone s'expliquant d'ailleurs aisément par l'action de l'ultraviolet solaire extrême sur l'oxygène de l'air.

L'application suivante de l'interféromètre de Fabry et Perot est particulièrement remarquable : l'agitation thermique d'un gaz luminescent, soumis à une décharge électrique par exemple, produit nécessairement, par effet Döppler, un élargissement mesurable des raies d'émission, et cet élargissement, conséquence de la vitesse des particules lumineuses, dépend à la fois de leur température et de leur masse. S'inspirant des travaux de Lord Rayleigh et de Michelson, MM. Fabry et Buisson ont découvert que, pour les gaz monoatomiques, la largeur des raies observées dans un tube de Plücker indique que la température du gaz est voisine de celle du milieu ambiant. Aussi suffit-il de plonger le tube dans l'air liquide pour obtenir des raies d'une grande finesse. L'expérience est particulièrement frappante avec un gaz à atomes lourds et, par suite, peu rapides, tel que le krypton : les raies deviennent alors presque rigoureusement monochromatiques et l'on peut observer des interférences avec des retards de près d'un million de périodes. La théorie, ainsi vérifiée, permet inversement de déduire, de l'observation du spectre, la masse des particules rayonnantes, puisqu'on connaît leur température et leur vitesse. Dans un tube à hydrogène, par exemple, ces particules ont, à très peu près, la masse de l'atome et non de la molécule : il en résulte que ce qu'on appelle le *second spectre de l'hydrogène* est bien dû, ainsi que l'avait affirmé M. Dufour, à l'hydrogène même, et non à un composé.

Un problème du plus haut intérêt a pu être abordé avec succès par cette ingénieuse méthode : recevant sur leur appareil l'image de la nébuleuse d'Orion, les auteurs précédents ont obtenu d'excellentes photographies

d'anneaux d'interférence, desquelles on peut déjà déduire que la température des astres de cette catégorie n'est pas très élevée. MM. Fabry et Buisson espèrent arriver à déterminer cette température au moyen des raies d'origine connue et à évaluer ensuite la masse atomique des substances inconnues dont le spectroscope nous révèle l'existence dans les nébuleuses irrésolubles.

Il serait superflu d'insister sur l'intérêt et la portée de telles recherches. Aussi la Commission du prix Pierson-Perrin est-elle unanime à proposer de décerner :

Un prix de *deux mille francs* à M. **Ch. Fabry**.
Un prix de *deux mille francs* à M. **H. Buisson**.

Rapport de M. **Lecornu**.

M. **Rodolphe Soreau** a soumis au jugement de l'Académie un Ouvrage dont il est l'auteur et qui porte pour titre : *L'Hélice propulsive*. Cette question a déjà fait l'objet de fort nombreux travaux. Pendant longtemps, on ne s'est occupé que de l'hélice marine; puis, quand sont apparus les dirigeables et les aéroplanes, on a recherché les conditions de fonctionnement de l'hélice aérienne. Il faut pourtant avouer que le problème n'est pas encore élucidé. L'hélice, en tournant et progressant, agite le fluide ambiant, et, pour connaître exactement son action, il serait avant tout nécessaire de savoir déterminer l'état du fluide ainsi troublé : en admettant, ainsi qu'on le fait souvent, que tout se passe comme si l'air demeurait calme, on fait une hypothèse par trop invraisemblable. Malheureusement nos connaissances en Hydrodynamique et en Aérodynamique demeurent trop imparfaites pour qu'il soit possible d'analyser exactement les phénomènes dont il s'agit. D'ailleurs l'hélice n'est pas seule en cause : le solide auquel elle est attachée et qu'elle est chargée de propulser influe également sur les trajectoires fluides, en sorte qu'il faudrait pouvoir tenir compte de la forme de ce solide.

Doit-on donc s'en tenir à des résultats empiriques ? M. Soreau ne le pense pas. Après avoir groupé les meilleures expériences concernant l'hélice aérienne, il cherche, au moyen de quelques hypothèses simples, à obtenir des formules résumant logiquement les observations. Il met notamment en lumière le rôle de ce qu'il nomme l'*état dynamique préalable* de l'atmosphère : entendant par là que les pales agissent sur une veine de fluide déjà en mouvement; qu'elles entretiennent ce mouvement, et qu'en même

temps chacune d'elles donne naissance à une veine secondaire constamment variable.

M. Soreau appelle *régime* de l'hélice en marche le rapport entre la vitesse de translation et le nombre n de tours par seconde. Il définit le *pas* d'une hélice de forme quelconque par la propriété suivante : la poussée et la puissance s'annulent respectivement pour deux régimes a, b, qui varient avec le nombre n; le pas a pour mesure un régime toujours compris entre a et b, et sensiblement égal à $\frac{3a+b}{4}$.

L'auteur discute avec soin les résultats que peut produire la substitution d'une hélice à une autre et introduit dans ce but la notion d'*hélices pseudo-semblables*. Deux hélices H, H′ sont dites pseudo-semblables quand il existe pour H un certain régime a et pour H′ un certain régime a', tels que l'angle d'attaque soit le même à des distances des deux axes proportionnelles aux diamètres extérieurs des deux hélices; les sections homologues peuvent avoir des orientations différentes. M. Soreau indique les règles à suivre pour le choix d'une hélice dans une famille d'hélices pseudo-semblables appartenant à un type rationnel, c'est-à-dire présentant en tous points l'angle d'attaque le plus favorable pour un régime approprié.

Ce résumé, tout incomplet qu'il soit, permet de saisir le point de vue où s'est placé M. Soreau et la nature de ses conclusions. Ainsi qu'il le déclare lui-même, sa théorie ne constitue qu'un essai, appelé à être perfectionné progressivement suivant les indications de l'expérience. Tel quel, l'Ouvrage présente un sérieux intérêt et paraît susceptible de rendre service à tous ceux qui s'occupent de ce difficile sujet.

La Commission propose d'attribuer à M. **Soreau** une partie du prix Pierson-Perrin.

L'Académie adopte les conclusions de ces Rapports.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. Bouchard, Guyon, Roux, Guignard, Lacroix, Dastre, Termier.)

Ce prix triennal, d'une valeur de *trois mille quatre cents francs*, à sujets alternatifs et à cycle variable était destiné, cette année, à récompenser les recherches *sur les effets de l'action volcanique dans la production de maladies épidémiques dans le monde animal et le monde végétal, et dans celle des ouragans et des perturbations atmosphériques anormales*.

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ESTRADE-DELCROS.

(Commissaires : MM. Lippmann, Gautier, E. Picard, Guignard, Haller, Deslandres; Darboux, rapporteur.)

Le prix, d'une valeur de *huit mille francs*, est accordé à Mme **Charles André**, veuve de l'ancien Directeur de l'Observatoire de Lyon.

PRIX DANTON.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Amagat, Bouty, Branly, Moureu; Villard, rapporteur.)

Ce nouveau prix quinquennal, d'une valeur de *quinze cents francs*, destiné à récompenser les *travaux relatifs aux phénomènes radiants*, est décerné à MM. **Eugène Bloch** et **Léon Bloch**.

M. **Eugène Bloch** a découvert que la conductibilité communiquée à l'air par l'oxydation du phosphore est due à des ions d'une nature particulière, mille fois moins mobiles que les ions des rayons X, les seuls que l'on connût alors. Il a montré que ces ions se rencontrent également dans les gaz récemment préparés, les produits refroidis de la combustion des flammes et les gaz ionisés vieillis. L'intérêt que présentent ces objets nouveaux, ces gros ions, comme les a appelés M. Langevin, est considérable : on les retrouve dans une foule de phénomènes, et, comme l'a montré depuis M. Langevin, ils jouent dans notre atmosphère un rôle extrêmement important.

Poursuivant, dans un travail fait en commun, l'étude du phosphore, MM. Eugène Bloch et Léon Bloch ont donné l'explication du phénomène, jusque-là très mystérieux, de la phosphorescence de ce corps; ils ont reconnu qu'elle n'est nullement due à l'oxydation même du phosphore, mais à la combustion, avec flamme, de l'anhydride phosphoreux, et cette flamme, origine des gros ions et source d'ozone, peut être facilement séparée du phosphore, dont l'oxydation ne produit aucune lumière.

M. Eugène Bloch a entrepris ensuite d'intéressantes recherches sur la lumière ultraviolette : il a signalé la nécessité de préciser dans une expérience la longueur d'onde des radiations employées, l'ordre dans lequel se

classent les métaux en fonction de leur sensibilité variant notablement avec cette longueur d'onde, comme aussi la fatigue photo-électrique. Il a également étudié l'action des radiations très réfrangibles sur les gaz et montré que l'ionisation produite par l'ultraviolet moyen n'est pas due, comme on le supposait, à une action directe sur les molécules, mais résulte de l'effet photo-électrique sur les poussières en suspension.

Seuls, les rayons extrêmes de Shumann peuvent, comme les rayons X, ioniser directement les gaz.

Au cours de ces recherches, M. Eugène Bloch a réalisé des cellules photo-électriques à potassium applicables à la photophonie et capables de produire des courants de l'ordre du milliampère.

D'autres travaux, sur les potentiels disruptifs dans les champs magnétiques, sur la biréfringence électrique des fumées cristallines, sont encore à signaler; ces derniers ont fourni à M. Zeeman le sujet d'un intéressant Mémoire.

M. **Léon Bloch** a également apporté une contribution importante à nos connaissances relatives à l'ionisation. Il a montré que l'ionisation des gaz récemment préparés n'est qu'un cas particulier de l'ionisation par barbotage, qui elle-même doit être rapprochée de celle qu'on observe dans la détente des gaz humides et la pulvérisation des liquides. Il a établi que, dans toutes ces circonstances, il se produit des centres chargées des deux signes, dont la grosseur, variable avec le milieu ambiant, peut prendre toutes les valeurs intermédiaires entre les petits ions et les gros ions. M. Léon Bloch a démontré, en outre, que ces centres ne proviennent nullement des ions électrolytiques, et qu'ils doivent leurs charges à des actions électrocapillaires.

Étendant ses recherches aux réactions chimiques, M. Léon Bloch a pu affirmer que l'ionisation observée en pareil cas provient non de la réaction même, mais de causes parasites, et que dans nombre de cas elle fait totalement défaut ; ainsi la flamme du soufre est isolante, et la phosphorescence de l'arsenic chauffé ne produit pas d'ions. Rappelons à ce sujet ses travaux sur le phosphore, en collaboration avec M. Eugène Bloch.

Parallèlement à ces recherches expérimentales, M. Léon Bloch a publié plusieurs Mémoires relatifs à des questions de physique théorique : calcul du libre parcours des électrons dans les métaux, possibilité de faire accorder avec l'expérience la théorie de la dispersion en faisant intervenir l'influence de la période sur la conductibilité due aux électrons libres, formule donnant le coefficient d'absorption d'un gaz pour une longueur

d'onde quelconque. Dans un autre ordre d'idées, M. Léon Bloch a montré qu'en généralisant un théorème de lord Rayleigh, on peut énoncer sous des formes identiques les conditions de stabilité de l'équilibre thermodynamique et de l'équilibre mécanique; il a, en particulier, retrouvé et étendu les beaux résultats de M. Gouy et de M. Le Chatelier sur les lois du déplacement de l'équilibre.

En présence de cet ensemble de découvertes et d'intéressants travaux, la Commission du prix Danton a proposé, à l'unanimité, de décerner ce prix à MM. **Eugène Bloch** et **Léon Bloch**.

L'Académie adopte la conclusion de ce Rapport.

PRIX FONDÉ PAR Mme LA MARQUISE DE LAPLACE.

Une ordonnance royale a autorisé l'Académie des Sciences à accepter la donation, qui lui a été faite par Mme la Marquise de Laplace, d'une rente pour la fondation à perpétuité d'un prix consistant dans la collection complète des Ouvrages de Laplace, qui devra être décerné chaque année au premier élève sortant de l'École Polytechnique.

Le Président remet les cinq Volumes de la *Mécanique céleste*, l'*Exposition du Système du Monde* et le *Traité des probabilités* à M. **Boutteville**, sorti premier de l'École Polytechnique et entré, en qualité d'Élève-Ingénieur, à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

PRIX FONDÉ PAR M. FÉLIX RIVOT.

Conformément aux termes de la donation, le prix Félix Rivot est partagé entre MM. **Demay** et **Perrin**, entrés les deux premiers en qualité d'Élève-Ingénieur à l'École nationale des Mines, et MM. **Boutteville** et **Renaud**, entrés les deux premiers au même titre à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

FONDS BONAPARTE.

Rapport *de la Commission chargée de proposer pour l'année* 1913 *la répartition du* Fonds Bonaparte.

(Cette Commission, qui comprend le Prince Roland Bonaparte comme membre de droit, se compose cette année de MM. Guyon, président de l'Académie, G. Lippmann, Émile Picard, Armand Gautier, E. Perrier, L. Guignard, Adolphe Carnot; P. Villard, rapporteur.)

La Commission nommée par l'Académie a eu à examiner soixante-trois demandes : elle en a retenu seulement vingt et une, dont un certain nombre ont, en outre, dû être réduites afin de ne pas dépasser le chiffre, cependant fort élevé, de la subvention mise à la disposition de l'Académie par la générosité de notre Confrère.

La somme disponible comprend une annuité de 50000 francs, et une réserve de 9000 francs provenant de la répartition faite en 1912, soit un total de 59000 francs. Sur ce total la Commission vous propose de prélever une somme de 55000 francs qui serait répartie de la manière suivante :

1° 3000fr à M. **H. Caillol**, pour l'achèvement de son Ouvrage intitulé : *Catalogue des coléoptères de Provence*. Cet Ouvrage, qui comportera trois Volumes de 500 pages environ, dont un déjà paru, renfermera l'étude de plus de 6000 espèces de coléoptères et constituera, en même temps qu'un inventaire, une véritable histoire naturelle des coléoptères de la région provençale.

2° 2000fr à M. **A. Colson**, qui poursuit depuis plusieurs années d'intéressantes recherches concernant la vérification ou la critique des théories et lois de la Chimie physique. Une série de mesures sur la dissociation du peroxyde d'azote vient d'être publiée, mais d'autres essais, sur d'autres points, restent en suspens faute des ressources indispensables.

3° 2000fr à M. **E. Coquidé**, qui se propose d'étudier les moyens de

mettre en valeur, au point de vue agricole, les terrains tourbeux du nord de la France. Cette étude nécessite non seulement la location ou l'achat d'un champ d'expériences, mais aussi l'exécution d'importants travaux de défrichement, assèchement, etc., du sol.

4° 2000^{fr} à M. C. **Schlegel**, pour lui permettre de continuer les recherches qu'il poursuit au laboratoire de M. Delage sur le développement des crustacés Brachyoures, recherches au sujet desquelles une subvention lui avait été déjà accordée en 1912.

5° 2000^{fr} à M. **Jules Welsch** à titre de renouvellement d'une subvention qu'il a fort utilement consacrée à une exploration géologique de la côte ouest de la France et du littoral de la Grande-Bretagne. Au cours de ces voyages M. Welsch a recueilli une ample moisson d'intéressants résultats, mais il reste beaucoup à voir et surtout il serait nécessaire d'étendre cette étude jusqu'à la Belgique et la Scandinavie.

6° 6000^{fr}, en deux parts égales, à MM. **Pitard** et **Pallary**, membres de la Mission scientifique organisée au Maroc par la Société de Géographie, et qui l'année dernière avait bénéficié d'une subvention de 12000^{fr} sur la fondation Bonaparte.

L'intérêt et l'opportunité de cette mission ne paraît pas discutable et la Commission propose le renouvellement de la subvention, en la réduisant toutefois à 6000^{fr} en raison de ce fait que deux seulement des quatre explorateurs de 1912 continueront cette année l'œuvre précédemment commencée.

7° 2000^{fr} à M. **Louis Roule**, pour lui permettre de continuer et d'étendre ses recherches sur la morphologie et la biologie du Saumon en France. L'intérêt de ces recherches est double : elles préciseront les conditions essentielles d'une migration très importante, et fourniront une base sérieuse pour l'établissement des mesures destinées à protéger une espèce précieuse qui constituait jadis la richesse de nombreux cours d'eau.

8° 2000^{fr} à M. **Jean Pougnet**, pour continuer ses recherches sur les actions chimiques et biologiques des rayons ultraviolets, et, en particulier, pour la construction d'un appareil en quartz destiné à étudier l'action des rayons ultraviolets sur les corps gazeux.

9° 2000^{fr} à M. C. **Dauzère**, dont les travaux sur les tourbillons cellu-

laires de Bénard se sont montrés jusqu'à ce jour si fertiles en résultats inattendus et en conclusions intéressantes.

10° 2000fr à M. **Méd. Gard**, pour la publication d'un travail et d'un Atlas sur les hybrides de Cistes obtenus par notre regretté confrère Bornet, qui lui a légué tous ses documents, registres, cahiers d'expériences et photographies. Cette publication ferait connaître et compléterait une partie importante de l'œuvre de notre confrère.

11° 4000fr à M. **Aug. Chevalier**, pour faire face aux dépenses nécessitées par le classement des matériaux botaniques recueillis au cours de ses voyages en Afrique occidentale et équatoriale, et la publication de Mémoires sur la flore de ces régions.

12° 2000fr à M. **Paul Becquerel**, pour continuer ses recherches physiologiques relatives à l'influence des substances radioactives et de leur rayonnement sur la nutrition, la reproduction, et la variation de quelques espèces végétales.

13° 4000fr à M. **Le Morvan**. Cette subvention assurerait l'achèvement de l'*Atlas photographique de la Lune*, dont jusqu'à ce jour deux fascicules seulement ont pu être publiés. Cet Ouvrage, composé à l'aide de documents inédits, compléterait fort heureusement le grand Atlas, moins accessible, publié par l'Observatoire de Paris, et présenterait un progrès considérable sur tout ce qui a été fait sur le même sujet à l'étranger.

14° 2000fr à M. **Jacques Pellegrin** pour l'aider à poursuivre ses recherches et à publier ses travaux sur les poissons d'Afrique, et plus particulièrement ceux des colonies françaises.

15° 3000fr à M. **E. Rengade**, qui se propose d'entreprendre des recherches systématiques sur la présence et la répartition des métaux alcalins rares dans les eaux minérales. Les travaux de nos confrères, M. A. Gautier et M. Moureu, permettent de supposer qu'une étude de ce genre pourrait conduire à la découverte de relations intéressantes entre ces éléments et d'autres corps, tels, par exemple, que les gaz rares.

16° 3000fr à M. **Charles Alluaud**, dans le but de faciliter l'étude et la publication des importants documents recueillis par M. Jeannel et par lui

sur la flore et la faune alpines des hautes régions montagneuses de l'Afrique orientale.

17° 2000^{fr} à M. Charles Lormand, pour l'acquisition d'une quantité de bromure de radium suffisante pour entreprendre des recherches méthodiques sur l'action de la radioactivité sur le développement des plantes.

18° 2000^{fr} à M. Alphonse Labbé. Cette subvention serait destinée à des recherches sur les modifications présentées par divers animaux au passage de l'eau douce à l'eau salée et sursalée, ou inversement.

19° 3000^{fr} à M. G. de Gironcourt, pour la mise en valeur et la publication des résultats scientifiques de ses missions. Après un voyage au Maroc, où il faillit périr victime de la cruauté des habitants, M. de Gironcourt a effectué, de 1908 à 1912, d'importants voyages d'exploration en Afrique occidentale, d'où il a rapporté de nombreux documents concernant la géographie, l'anthropologie, l'archéologie, l'hydrologie, la botanique et l'agronomie. Un évident intérêt s'attache à la publication de ces documents.

20° 3000^{fr} à M. A.-F. Legendre pour publier les cartes et documents de ses voyages et missions en Chine. Cette publication comprendrait deux cartes, topographique et géologique, trois Volumes relatifs à la géographie, la géologie, la faune et la flore, l'agriculture, l'ethnographie, le commerce, etc., et un grand nombre de photographies.

21° 2000^{fr} à M. H. Abraham qui se propose de déterminer, avec le concours du commandant Ferrié et de M. A. Dufour, la vitesse de propagation des ondes hertziennes entre Paris et Toulon. La méthode imaginée par M. Abraham consiste dans l'échange de signaux enregistrés à la fois au départ et à l'arrivée par un galvanomètre nouveau qui permet de préciser à $\frac{1}{40000}$ de seconde près l'instant du passage d'un train d'ondes.

Le Tableau suivant résume ces propositions :

			fr
	1.	M. Caillol	3 000
	2.	M. Colson	2 000
	3.	M. Coquidé	2 000
	4.	M. Schlegel	2 000
	5.	M. Welsch	2 000
Mission scientifique du Maroc.	6.	M. Pitard	3 000
		M. Pallary	3 000
	7.	M. Roule	2 000
	8.	M. Pougnet	2 000
	9.	M. Dauzère	2 000
	10.	M. Gard	2 000
	11.	M. Chevalier	4 000
	12.	M. Paul Becquerel	2 000
	13.	M. Le Morvan	4 000
	14.	M. Pellegrin	2 000
	15.	M. Rengade	3 000
	16.	M. Alluaud	3 000
	17.	M. Lormand	2 000
	18.	M. A. Labbé	2 000
	19.	M. de Gironcourt	3 000
	20.	M. Legendre	3 000
	21.	M. H. Abraham	2 000
		Total	55 000
		Lesquels joints à la réserve	4 000
		fournissent le total général	59 000

montant de la somme libéralement mise à la disposition de l'Académie par notre Confrère.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

PROGRAMME DES PRIX PROPOSÉS

POUR LES ANNÉES 1915, 1916, 1917, 1918 ET 1919 (*)

GÉOMÉTRIE.

PRIX FRANCOEUR (1000fr).

Ce prix *annuel* sera décerné à l'auteur de découvertes ou de travaux utiles au progrès des *Sciences mathématiques pures ou appliquées.*

PRIX BORDIN (3000fr).

Prix biennal à sujet variable.

1° L'Académie rappelle qu'elle a mis au concours, pour l'année 1915, la question suivante :

Réaliser un progrès notable dans la recherche des courbes à torsion constante; déterminer s'il est possible celles de ces courbes qui sont algébriques, tout au moins celles qui sont unicursales.

(Question posée pour l'année 1917.)

2° L'Académie avait proposé la question suivante pour sujet du prix Bordin à décerner en 1913 : *Perfectionner en quelque point important la théorie arithmétique des formes non quadratiques.*

Aucun Mémoire ne lui étant parvenu, l'Académie remet au concours la même question pour le prix à décerner en 1917.

(*) Les concours de 1914 étant clos le 31 décembre 1913, la liste des prix proposés pour 1914, publiée dans le précédent programme, n'a pas été rappelée.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Prix du Budget : 3000fr.)

Prix biennal à sujet variable.

L'Académie met au concours, pour l'année 1916, la question suivante :

Appliquer les méthodes d'Henri Poincaré à l'intégration de quelques équations différentielles linéaires, algébriques, choisies parmi les plus simples.

En dehors des Mémoires manuscrits, l'Académie se réserve d'examiner les Ouvrages imprimés qui auront pu être publiés sur cette question.

PRIX PONCELET (2000fr).

Ce prix *annuel*, fondé par Mme Poncelet, est destiné à récompenser *alternativement* l'Ouvrage le plus utile aux progrès des Sciences mathématiques pures ou appliquées, publié dans le cours des dix années qui auront précédé le jugement de l'Académie.

Une donation spéciale de Mme Poncelet permet à l'Académie d'ajouter au prix qu'elle a primitivement fondé un exemplaire des Œuvres complètes du Général Poncelet.

Le prix Poncelet sera décerné en 1916 à un *Ouvrage sur les Mathématiques pures.*

PRIX VAILLANT (4000fr).

L'Académie met au concours, pour l'année 1917, la question suivante :

Déterminer et étudier toutes les surfaces qui peuvent, de deux manières différentes, être engendrées par le déplacement d'une courbe invariable.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON (700^{fr}).

Ce prix *annuel* est fondé en faveur de « celui qui, au jugement de l'Aca-
» démie, s'en sera rendu le plus digne, *en inventant ou en perfectionnant*
» *des instruments utiles aux progrès de l'Agriculture, des Arts mécaniques ou*
» *des Sciences* ».

PRIX PONCELET (2000^{fr}).

Prix *annuel* décerné *alternativement* à un Ouvrage sur les Mathématiques pures ou sur les Mathématiques appliquées (*voir* ci-dessus, p. 1316).

Le prix Poncelet sera décerné en 1915 à un *Ouvrage sur les Mathématiques appliquées*.

PRIX BOILEAU (1300^{fr}).

Ce prix *triennal* est destiné à récompenser les *recherches sur les mouvements des fluides, jugées suffisantes pour contribuer au progrès de l'Hydraulique*.

A défaut, la rente triennale échue sera donnée, *à titre d'encouragement*, à un savant estimé de l'Académie et choisi parmi ceux qui sont notoirement sans fortune.

L'Académie décernera le prix Boileau, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500^{fr}).

Ce nouveau prix *annuel alternatif*, fondé par *M. Henri de Parville*, est destiné à récompenser des *travaux originaux de Physique ou de Mécanique*.

Le prix sera attribué en 1916 à des *travaux originaux de Mécanique*.

PRIX FOURNEYRON (1000fr).

L'Académie met au concours, pour l'année 1916, la question suivante :

Le prix sera décerné à l'auteur des perfectionnements les plus importants apportés aux moteurs des appareils d'aviation.

NAVIGATION.

PRIX EXTRAORDINAIRE DE SIX MILLE FRANCS,

DESTINÉ A RÉCOMPENSER TOUT PROGRÈS DE NATURE A ACCROÎTRE L'EFFICACITÉ DE NOS FORCES NAVALES.

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, dans sa séance publique annuelle.

PRIX PLUMEY (4000fr).

Ce prix *annuel* est destiné à récompenser « *l'auteur du perfectionnement des machines à vapeur ou de toute autre invention qui aura le plus contribué au progrès de la navigation à vapeur* ».

ASTRONOMIE.

PRIX PIERRE GUZMAN (100 000fr).

Mme Vve *Guzman* a légué à l'Académie des Sciences une somme de *cent mille francs* pour la fondation d'un prix qui portera le nom de *prix*

Pierre Guzman, en souvenir de son fils, et sera décerné à celui qui aura trouvé le moyen de communiquer avec un astre autre que la planète Mars.

Prévoyant que le prix de *cent mille francs* ne serait pas décerné tout de suite, la fondatrice a voulu, jusqu'à ce que ce prix fût gagné, que les intérêts du capital, cumulés pendant cinq années, formassent un prix, toujours sous le nom de *Pierre Guzman*, qui serait décerné à un savant français, ou étranger, qui aurait fait faire un progrès important à l'Astronomie.

Le prix *quinquennal*, représenté par les intérêts du capital, sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX LALANDE (540^{fr}).

Ce prix *annuel* doit être attribué à la personne qui, en France ou ailleurs, aura fait l'observation la plus intéressante, le Mémoire ou le travail le plus utile aux progrès de l'Astronomie.

PRIX VALZ (460^{fr}).

Ce prix *annuel* est décerné à l'auteur de l'observation astronomique la plus intéressante qui aura été faite dans le courant de l'année.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT (700^{fr}).

Ce prix *biennal*, destiné à encourager les recherches de *Mécanique céleste*, sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX JANSSEN.

Ce prix *biennal*, qui consiste en une médaille d'or destinée à récompenser la découverte ou le travail faisant faire un progrès important à l'Astronomie physique, sera décerné en 1916.

M. Janssen, dont la carrière a été presque entièrement consacrée aux progrès de l'Astronomie physique, considérant que cette science n'a pas à l'Académie de prix qui lui soit spécialement affecté, a voulu combler cette lacune.

PRIX DAMOISEAU (2000^{fr}).

Prix *triennal*, à sujet variable.

L'Académie donnera ultérieurement un sujet de concours pour l'année 1917.

GÉOGRAPHIE.

PRIX TCHIHATCHEF (3000^{fr}).

M. Pierre de Tchihatchef a légué à l'Académie des Sciences la somme de *cent mille francs*.

Dans son testament, M. de Tchihatchef stipule ce qui suit :

« Les intérêts de cette somme sont destinés à offrir *annuellement une* » *récompense ou un encouragement aux naturalistes de toute nationalité* qui » se seront le plus distingués dans l'exploration du continent asiatique » (ou îles limitrophes), notamment des régions les moins connues et, en » conséquence, à l'exclusion des contrées suivantes : Indes britanniques, » Sibérie proprement dite, Asie Mineure et Syrie, contrées déjà plus ou » moins explorées.

» Les explorations devront avoir pour objet une branche quelconque » des *Sciences naturelles, physiques* ou *mathématiques*.

» Seront exclus les travaux ayant rapport aux autres sciences, telles » que : Archéologie, Histoire, Ethnographie, Philologie, etc.

» Il est bien entendu que les travaux récompensés ou encouragés » devront être le fruit d'observations faites sur les lieux mêmes, et non des » œuvres de simple érudition. »

PRIX GAY (1500^{fr}).

Prix annuel à sujet variable.

(Question posée pour l'année 1915.)

Étudier la répartition des végétaux en Indo-Chine.

(Question posée pour l'année 1916.)

Progrès apportés aux instruments et aux méthodes des levés topométriques et topographiques.

PRIX BINOUX (2000^{fr}).

Ce prix *biennal*, destiné à récompenser l'auteur de travaux sur la *Géographie* ou la *Navigation*, sera décerné, s'il y a lieu, en 1916.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (1000^{fr}).

Ce prix *biennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1916 « *au voyageur français* » *ou au savant qui, l'un ou l'autre, aura rendu le plus de services à la France* » *ou à la Science* ».

PHYSIQUE.

PRIX HÉBERT (1000^{fr}).

Ce prix *annuel* est destiné à récompenser l'auteur du meilleur Traité ou de la plus utile découverte pour la vulgarisation et l'emploi pratique de l'Électricité.

PRIX HUGHES (2500^{fr}).

Ce prix *annuel*, dû à la libéralité du physicien Hughes, est destiné à récompenser l'auteur d'une découverte ou de travaux qui auront le plus contribué au progrès de la Physique.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1500^{fr}).

Ce prix *annuel alternatif*, fondé par M. Henri de Parville, est destiné à récompenser des travaux originaux de *Physique ou de Mécanique*.

Le prix, qui a été attribué, pour la première fois, en 1913, à des *travaux de Physique*, reviendra, en 1915, également à des *travaux de Physique*.

PRIX GASTON PLANTÉ (3000^{fr}).

Ce prix *biennal* est réservé à l'auteur français d'une découverte, d'une invention ou d'un travail important dans le domaine de l'Électricité. L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX L. LA CAZE (10000^{fr}).

Ce prix *biennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, à l'auteur, français ou étranger, des Ouvrages ou Mémoires qui auront le plus contribué aux progrès de la Physique. Il ne pourra être partagé.

PRIX KASTNER-BOURSAULT (2000^{fr}).

Ce prix *triennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, à l'auteur du meilleur travail sur les applications diverses de l'Électricité dans les Arts, l'Industrie et le Commerce.

PRIX VICTOR RAULIN (1500^{fr}).

Prix à cycle variable et à sujets alternatifs.

Le prix Victor Raulin, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1919, a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs à la *Météorologie et Physique du Globe*.

CHIMIE.

PRIX JECKER (10000fr).

Ce prix *annuel* est destiné à récompenser les travaux les plus propres à hâter les progrès de la *Chimie organique*.

PRIX CAHOURS (3000fr).

M. Auguste Cahours a légué à l'Académie des Sciences la somme de *cent mille francs*.

Conformément aux vœux du testateur, les intérêts de cette somme seront distribués *chaque année*, à titre d'encouragement, à des jeunes gens qui se seront déjà fait connaître par quelques travaux intéressants et plus particulièrement par des recherches sur la Chimie.

PRIX MONTYON (ARTS INSALUBRES).

(Un prix de 2500fr et une mention de 1500fr.)

Il sera décerné chaque année un prix et une mention aux auteurs qui auront trouvé les *moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre*.

L'Académie juge nécessaire de faire remarquer que les récompenses dont il s'agit ont expressément pour objet des découvertes et inventions qui diminueraient les dangers des diverses professions ou arts mécaniques.

Les pièces admises au concours n'auront droit au prix qu'autant qu'elles contiendront une *découverte parfaitement déterminée*.

Si la pièce a été produite par l'auteur, il devra indiquer la partie de son travail où cette découverte se trouve exprimée; dans tous les cas, la Commission chargée de l'examen du concours fera connaître que c'est à la découverte dont il s'agit que le prix est donné.

PRIX HOUZEAU (700fr).

Ce nouveau prix annuel, destiné à récompenser *un jeune chimiste méritant*, sera décerné, s'il y a lieu, pour la première fois, en 1915.

PRIX L. LA CAZE (10 000fr).

Ce prix *biennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, à l'auteur, français ou étranger, des meilleurs travaux sur la Chimie. Il ne pourra être partagé.

PRIX BERTHELOT (500fr).

Ce prix *quadriennal* [1], attribué à des recherches de *Synthèse chimique*, sera décerné, s'il y a lieu, en 1917.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE (1400fr).

Ce prix *biennal*, fondé par Mme Vve Delesse, sera décerné, s'il y a lieu, en 1915, à l'auteur, français ou étranger, d'un travail concernant les Sciences géologiques, ou, à défaut, d'un travail concernant les Sciences minéralogiques.

PRIX JOSEPH LABBÉ (1000fr).

Ce prix *biennal*, fondé conjointement par la Société des Aciéries de Longwy et par la Société anonyme métallurgique de Gorcy, est destiné à récompenser les auteurs de *Travaux géologiques ou de recherches ayant efficacement contribué à mettre en valeur les richesses minières de la France, de ses colonies et de ses protectorats*, ou, à défaut de titulaire pour l'objet indiqué, à récompenser l'auteur de tout travail fait dans l'intérêt général.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

---

[1] En raison de l'état des ressources de la fondation, l'Académie, dans le Comité secret du 3 novembre 1913, a décidé que ce prix biennal serait désormais quadriennal.

PRIX VICTOR RAULIN (1500^{fr}).

Prix à cycle variable et à sujets alternatifs.

(*Voir*, page 1335, les conditions générales.)

Le prix, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs à la *Géologie et Paléontologie*.

Le prix, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1917, a pour but de faciliter la publication des travaux relatifs à la *Minéralogie et Pétrographie*.

PRIX FONTANNES (2000^{fr}).

Ce prix *triennal*, attribué *à l'auteur de la meilleure publication paléontologique,* sera décerné, s'il y a lieu, en 1917.

PRIX JAMES HALL (700^{fr}).

Ce nouveau prix *quinquennal*, fondé par Mme Joséphine Hall Bishop, en souvenir de son père le géologue James Hall qui fut Correspondant de l'Académie, est destiné à récompenser *la meilleure thèse doctorale de Géologie* passée au cours de cette période de cinq ans.

Le prix sera décerné, pour la première fois, en 1917, s'il y a lieu.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES (1600^{fr}).

Ce prix *annuel* est attribué « à l'auteur, français ou étranger, du meil-
» leur ou du plus utile écrit, publié dans le courant de l'année précédente,
» sur tout ou partie de la *Cryptogamie* ».

PRIX MONTAGNE (1500fr).

M. C. Montagne, Membre de l'Institut, a légué à l'Académie la totalité de ses biens, à charge par elle de distribuer chaque année, sur les arrérages de la fondation, un prix de 1500fr ou deux prix : l'un de 1000fr, l'autre de 500fr, au choix de la *Section de Botanique*, aux auteurs, français ou naturalisés français, de travaux importants ayant pour objet *l'anatomie, la physiologie, le développement ou la description des Cryptogames inférieurs* (Thallophytes et Muscinées).

PRIX DE COINCY (900fr).

M. A.-H. Cornut de Lafontaine de Coincy a légué à l'Académie des Sciences une somme de 30000fr, à charge par elle de fonder un prix *pour être donné chaque année* à l'auteur d'un *Ouvrage de Phanérogamie* écrit en latin ou en français.

PRIX THORE (200fr).

Ce prix *annuel* est attribué alternativement aux travaux sur les Cryptogames cellulaires d'Europe et aux recherches sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce d'Insectes d'Europe.

Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1915, au meilleur travail sur les *Cryptogames cellulaires d'Europe*.

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON (500fr).

Par un acte du 17 juin 1912, M. et Mme de Rufz de Lavison ont fait don à l'Académie des Sciences de *deux cent cinquante francs* de rente française sur l'État, pour fonder un prix de 500fr à distribuer tous les deux ans et *destiné à récompenser des travaux de Physiologie végétale*, en mémoire de leur fils, décédé au Glacier des Étançons (Isère), le 4 juillet 1911.

Ce prix ne pourra être partagé. Il devra, autant que possible, être décerné au cours des années impaires et ne pourra être attribué qu'à un Français.

Le prix sera décerné pour la première fois, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX DE LA FONS-MÉLICOCQ (900fr).

Ce prix *triennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, « au meilleur » *Ouvrage de Botanique*, manuscrit ou imprimé, *sur le nord de la France*, » c'est-à-dire *sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais, des Ardennes*, » *de la Somme, de l'Oise et de l'Aisne* ».

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES (1700fr).

Ce prix *décennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1923, à l'*Ouvrage qui aura fait faire le plus de progrès à l'Agriculture en France*.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX SAVIGNY (1500fr).

Ce prix *annuel*, fondé par Mlle Letellier pour perpétuer le souvenir de Le Lorgne de Savigny, ancien Membre de l'Institut de France et de l'Institut d'Égypte, *sera employé à aider les jeunes zoologistes voyageurs qui ne recevront pas de subvention du Gouvernement et qui s'occuperont plus spécialement des animaux sans vertèbres de l'Égypte et de la Syrie.*

PRIX CUVIER (1500fr).

Ce prix *annuel*, est destiné à récompenser l'auteur de l'Ouvrage le plus remarquable sur la *Paléontologie zoologique*, l'*Anatomie comparée* ou la *Zoologie*.

PRIX DA GAMA MACHADO (1200^{fr}).

Ce prix *triennal,* attribué aux meilleurs Mémoires *sur les parties colorées du système tégumentaire des animaux ou sur la matière fécondante des êtres animés*, sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX THORE (200^{fr}).

Voir page 1326.

Ce prix alternatif sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, au meilleur travail *sur les mœurs et l'anatomie d'une espèce d'Insectes d'Europe.*

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Prix de 2500^{fr}, mentions de 1500^{fr}.)

Conformément au testament de M. A. de Montyon, il sera décerné, tous les ans, un ou plusieurs prix aux auteurs des Ouvrages ou des découvertes qui seront jugés les plus utiles à l'*art de guérir.*

L'Académie juge nécessaire de faire remarquer que les prix dont il s'agit ont expressément pour objet des *découvertes* et *inventions* propres à perfectionner la Médecine ou la Chirurgie.

Les pièces admises au Concours n'auront droit au prix qu'autant qu'elles contiendront une *découverte parfaitement déterminée.*

Si la pièce a été produite par l'auteur, il devra indiquer la partie de son travail où cette découverte se trouve exprimée; dans tous les cas, la Commission chargée de l'examen du concours fera connaître que c'est à la découverte dont il s'agit que le prix est donné.

PRIX BARBIER (2000fr).

Ce prix *annuel* est attribué à « l'auteur d'une découverte précieuse dans » les *Sciences chirurgicale*, *médicale*, *pharmaceutique*, et dans la *Botanique* » *ayant rapport à l'art de guérir* ».

PRIX BRÉANT (100 000fr).

M. Bréant a légué à l'Académie des Sciences une somme de *cent mille francs* pour la fondation d'un prix à décerner « à celui qui aura trouvé » le moyen de guérir du choléra asiatique ou qui aura découvert les causes » de ce terrible fléau ».

Prévoyant que le prix de *cent mille francs* ne sera pas décerné tout de suite, le fondateur a voulu, jusqu'à ce que ce prix fût gagné, que l'*intérêt du capital* fût donné à la personne qui aura fait avancer la Science sur la question du choléra ou de toute autre maladie épidémique, ou enfin que ce prix pût être gagné par celui qui indiquera le moyen de guérir radicalement les dartres, ou ce qui les occasionne.

PRIX GODARD (1000fr).

Ce prix *annuel* sera donné au meilleur Mémoire *sur l'anatomie*, *la physiologie et la pathologie des organes génito-urinaires*.

PRIX DU BARON LARREY (750fr).

Ce prix *annuel* sera décerné à *un médecin ou à un chirurgien des armées de terre ou de mer* pour le meilleur Ouvrage présenté à l'Académie et traitant *un sujet de Médecine*, *de Chirurgie ou d'Hygiène militaire*.

PRIX BELLION (1400fr).

Ce prix *annuel* sera décerné aux savants « *qui auront écrit des Ouvrages* » *ou fait des découvertes surtout profitables à la santé de l'homme ou à* » *l'amélioration de l'espèce humaine* ».

PRIX MÈGE (10000fr).

Le Dr Jean-Baptiste Mège a légué à l'Académie « *dix mille francs à donner* » *en prix à l'auteur qui aura continué et complété son Essai sur les causes qui* » *ont retardé ou favorisé les progrès de la Médecine, depuis la plus haute anti-* » *quité jusqu'à nos jours*.

» L'Académie des Sciences pourra disposer en encouragements des inté- » rêts de cette somme jusqu'à ce qu'elle pense devoir décerner le prix. »

PRIX ARGUT (1200fr).

Aux termes du testament de M. Argut (Louis-Pierre-Jules), ce nouveau prix *biennal* est destiné à récompenser *le savant qui aura fait une découverte guérissant une maladie ne pouvant, jusqu'alors, être traitée que par la Chirurgie et agrandissant ainsi le domaine de la Médecine*.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX CHAUSSIER (10000fr).

Ce prix sera décerné *tous les quatre ans* au meilleur Livre ou Mémoire qui aura paru pendant cette période quadriennale, *soit sur la Médecine légale, soit sur la Médecine pratique*, et aura contribué à leur avancement.

L'Académie décernera le prix Chaussier en 1915.

PRIX DUSGATE (2500fr).

Ce prix *quinquennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1915, à l'auteur du meilleur Ouvrage sur les signes diagnostiques de la mort et sur les moyens de prévenir les inhumations précipitées.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON (750fr).

L'Académie décernera *annuellement* ce prix de *Physiologie expérimentale* à l'Ouvrage, imprimé ou manuscrit, qui lui paraîtra répondre le mieux aux vues du fondateur.

PRIX PHILIPEAUX (900fr).

Ce prix *annuel* est destiné à récompenser des travaux de *Physiologie expérimentale.*

PRIX LALLEMAND (1800fr).

Ce prix *annuel* est destiné à « récompenser ou encourager *les travaux relatifs au système nerveux*, dans la plus large acception des mots ».

PRIX POURAT (1000fr).

Prix *annuel* à sujet variable.

(Question proposée pour l'année 1915.)

Des rapports du sucre combiné du sang avec les matières albuminoïdes.

PRIX L. LA CAZE (10000fr).

Ce prix *biennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1916, *à l'auteur, français ou étranger, du meilleur travail sur la Physiologie.* Il ne pourra être partagé.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE (1400fr).

Ce prix *biennal,* destiné à récompenser l'auteur d'un Ouvrage *de Physiologie thérapeutique*, sera décerné, s'il y a lieu, en 1916.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

[Un prix de 1000^{fr} et deux mentions de 500^{fr} (1).]

L'Académie annonce que, parmi les Ouvrages qui auront pour objet une ou plusieurs questions relatives à la *Statistique*, celui qui, à son jugement, contiendra les recherches les plus utiles, sera couronné dans la prochaine séance publique. Elle considère comme admis à ce concours annuel les Mémoires envoyés en manuscrit, et ceux qui, ayant été imprimés et publiés, arrivent à sa connaissance.

HISTOIRE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX (2000^{fr}).

Ce prix *annuel* est destiné à récompenser l'auteur de travaux sur *l'Histoire des Sciences*.

PRIX GÉNÉRAUX.

MÉDAILLE ARAGO.

Cette médaille sera décernée par l'Académie chaque fois qu'une découverte, un travail ou un service rendu à la Science lui paraîtront dignes de ce témoignage de haute estime.

(1) Décision prise le 5 décembre 1910.

MÉDAILLE LAVOISIER.

Cette médaille sera décernée par l'Académie, aux époques que son Bureau jugera opportunes et sur sa proposition, aux savants qui auront rendu à la Chimie des services éminents, sans distinction de nationalité.

Dans le cas où les arrérages accumulés dépasseraient le revenu de deux années, le surplus pourrait être attribué, par la Commission administrative, à des recherches ou à des publications originales relatives à la Chimie.

MÉDAILLE BERTHELOT.

Chaque année, sur la proposition de son Bureau, l'Académie décernera un certain nombre de « Médailles Berthelot » aux savants qui auront obtenu, cette année-là, des prix de Chimie et de Physique; à chaque Médaille sera joint un exemplaire de l'Ouvrage intitulé : *La Synthèse chimique.*

PRIX HENRI BECQUEREL (3000fr).

M. Antoine-Henri Becquerel, en son vivant Membre de l'Institut, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle et à l'École Polytechnique, a légué à l'Académie des Sciences une somme de *cent mille francs*, par un testament en date du 5 juillet 1905, où il est dit :

« *Je lègue, à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, la somme de* CENT MILLE FRANCS, *en mémoire de mon grand-père et de mon père, Membres comme moi de cette Académie. Je lui laisse le soin de décider le meilleur usage qu'elle pourra faire des arrérages de ce capital, soit pour établir* UNE FONDATION *ou* UN PRIX, *soit dans la manière dont elle distribuera périodiquement les arrérages* DANS LE BUT DE FAVORISER LE PROGRÈS DES SCIENCES. »

PRIX GEGNER (3800fr).

Ce prix *annuel* est destiné « à soutenir un savant qui se sera signalé par des travaux sérieux, et qui dès lors pourra continuer plus fructueusement ses recherches en faveur des progrès des Sciences positives ».

PRIX LANNELONGUE (2000^{fr}).

Ce prix *annuel*, fondé par M. le professeur Lannelongue, Membre de l'Institut, sera donné, *au choix de l'Académie et sur la proposition de sa Commission administrative, à une ou deux personnes au plus, dans l'infortune, appartenant elles-mêmes ou par leur mariage, ou par leurs père et mère, au monde scientifique, et de préférence au milieu scientifique médical.*

PRIX GUSTAVE ROUX (1000^{fr}).

Ce prix *annuel*, fondé par Mme Vve Gustave Roux, en souvenir de son mari, est destiné à récompenser un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie. En aucun cas le prix ne pourra être divisé.

Le titulaire du prix devra, dans le mois qui suivra l'attribution du prix, aller visiter, au cimetière du Montparnasse, la tombe de M. Gustave Roux.

PRIX TRÉMONT (1100^{fr}).

Ce prix *annuel* est destiné « à aider dans ses travaux tout savant, ingénieur, artiste ou mécanicien, auquel une assistance sera nécessaire pour atteindre un but utile et glorieux pour la France ».

PRIX WILDE.

(Un prix de 4000^{fr} ou deux prix de 2000^{fr}.)

M. Henry Wilde a fait donation à l'Académie d'une somme de *cent trente-sept mille cinq cents francs*. Les arrérages de cette somme sont consacrés à la fondation à perpétuité d'un prix *annuel* qui porte le nom de *Prix Wilde*.

L'Académie, aux termes de cette donation, a la faculté de décerner, au lieu d'un seul prix de *quatre mille francs*, deux prix de *deux mille francs* chacun.

Ce prix est décerné chaque année par l'Académie des Sciences, sans distinction de nationalité, à la personne dont la découverte ou l'Ouvrage sur l'*Astronomie*, la *Physique*, la *Chimie*, la *Minéralogie*, la *Géologie* ou la *Mécanique expérimentale* aura été jugé par l'Académie le plus digne de

récompense, soit que cette découverte ou cet Ouvrage ait été fait dans l'année même, soit qu'il remonte à une autre année antérieure ou postérieure à la donation.

PRIX LONCHAMPT (4000fr).

Ce prix *annuel*, fondé par M. Irénée Lonchampt, en vertu de son testament olographe du 19 mai 1896, est destiné à récompenser l'auteur du meilleur Mémoire qui sera présenté à l'Académie *sur les maladies de l'homme, des animaux et des plantes, au point de vue plus spécial de l'introduction des substances minérales en excès comme cause de ces maladies.*

PRIX SAINTOUR (3000fr).

Ce prix *annuel* est attribué *alternativement* à des travaux ressortissant à la Division des Sciences mathématiques et à des travaux ressortissant à la Division des Sciences physiques.

Le prix Saintour sera décerné, s'il y a lieu, en 1915, à l'auteur de travaux se rapportant à la Division des Sciences mathématiques.

PRIX HENRI DE PARVILLE (2500fr).

Ce prix *annuel*, fondé par M. Henri de Parville, est destiné à récompenser « *l'Ouvrage scientifique qui en paraîtra le plus digne : Livre de* » *Science original* ou *Livre de Vulgarisation scientifique* ».

PRIX VICTOR RAULIN (1500fr).

Prix *annuel* à sujets alternatifs.

Par un acte en date du 14 août 1905, les héritiers de M. Victor Raulin, en son vivant professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, ont fait don à l'Académie d'une somme de *quinze cents francs* de rente pour fonder un « prix annuel à sujets alternatifs », devant être « attribué à des Français », dans les conditions suivantes :

Le prix Victor Raulin « a pour but de faciliter la publication de travaux » relatifs aux Sciences suivantes : 1° *Géologie et Paléontologie;* 2° *Minéralogie et Pétrographie;* 3° *Météorologie et Physique du Globe.*

» Il sera attribué au travail manuscrit, ou imprimé depuis l'attribution du » prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne » sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un » exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manus- » crit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera dans son titre » la mention : « *Académie des Sciences. Prix Victor Raulin.* »

» Celle des trois Sciences précitées à laquelle aura trait le travail primé » sera déterminée chaque année par l'Académie, sous la seule condition » que pour chaque période de huit années consécutives, dont la première » commencera à la fondation du prix, quatre prix seront afférents à la » Géologie et deux à chacune des deux autres Sciences. »

Conformément aux conditions de la donation, le cycle variable suivant a été adopté pour la répartition des sujets alternatifs du prix pendant la première période de huit années :

Attribution du prix à la *Géologie et Paléontologie*, en 1908, 1911, 1913, 1915.

Attribution du prix à la *Minéralogie et Pétrographie*, en 1909, 1912.

Attribution du prix à la *Météorologie et Physique du Globe*, en 1910, 1914.

Pour la deuxième période de huit années (1916-1923) et les suivantes, le cycle suivant a été adopté pour la répartition des sujets alternatifs de prix :

Le prix de *Géologie et Paléontologie* deviendra *biennal* et sera décerné en 1916, 1918, 1920, 1922.

Le prix de *Minéralogie et Pétrographie* deviendra *quadriennal* et sera décerné en 1917, 1921.

Le prix de *Météorologie et Physique du Globe* deviendra *quadriennal* et sera décerné en 1919, 1923.

PRIX VAILLANT (4000^{fr}).

Prix *biennal* à sujet variable.

L'Académie avait mis au courant, pour l'année 1913, la question suivante : *Découvrir une couche photographique sans grains visibles, et aussi sensible que le gélatinobromure actuellement en usage.*

Aucun Mémoire n'étant parvenu à l'Académie, la question est maintenue au concours pour l'année 1915.

PRIX FANNY EMDEN (3000fr).

Par un acte passé à la date du 9 mai 1910, Mlle Juliette de Reinach a fait donation à l'Académie des Sciences d'une somme de *cinquante mille francs*, dont les arrérages doivent servir à fonder un prix *biennal* de *trois mille francs*, portant le nom de « Fondation Fanny Emden », du nom de sa mère qui de son vivant avait exprimé le désir de fonder, en souvenir de son mari, ce prix *destiné à récompenser le meilleur travail traitant de l'hypnotisme, de la suggestion et, en général, des actions physiologiques qui pourraient être exercées à distance sur l'organisme animal.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Prix du Budget : 3oofr.)

L'Académie met au concours, pour l'année 1915, la question suivante :

Étudier une colonie française au point de vue de sa géologie, de sa minéralogie et de sa géographie physique.

PRIX LECONTE (50000fr).

Ce prix doit être donné, *en un seul prix, tous les trois ans, sans préférence de nationalité :*

1° Aux auteurs de découvertes nouvelles et capitales en *Mathématiques, Physique, Chimie, Histoire naturelle, Sciences médicales ;*

2° Aux auteurs d'applications nouvelles de ces sciences, applications qui devront donner des résultats de beaucoup supérieurs à ceux obtenus jusque-là.

L'Académie décernera le prix Leconte, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX PETIT D'ORMOY.

(Deux prix de 10000fr.)

L'Académie a décidé que, sur les fonds produits par le legs Petit d'Ormoy, elle décernera *tous les deux ans* un prix de *dix mille francs* pour *les*

Sciences mathématiques pures ou appliquées, et un prix de *dix mille francs* pour *les Sciences naturelles*. Elle décernera les prix Petit d'Ormoy, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX PIERSON-PERRIN (5000^{fr}).

Ce prix *biennal*, destiné à récompenser le Français qui aura fait la plus belle découverte dans le domaine de la Mécanique ou de la Physique, sera décerné, s'il y a lieu, en 1915.

PRIX FONDÉ PAR Mme LA MARQUISE DE LAPLACE.

Ce prix, qui consiste dans la collection complète des Ouvrages de Laplace, est décerné, *chaque année*, au premier élève sortant de l'École Polytechnique.

PRIX FÉLIX RIVOT (2500^{fr}).

Ce prix *annuel* sera partagé entre les quatre élèves sortant chaque année de l'École Polytechnique avec les n°s 1 et 2 dans les corps des Mines et des Ponts et Chaussées.

PRIX HOULLEVIGUE (5000^{fr}).

Ce prix est décerné à tour de rôle par l'Académie des Sciences et par l'Académie des Beaux-Arts.

L'Académie le décernera, s'il y a lieu, en 1916, dans l'intérêt des Sciences.

PRIX CAMÉRÉ (4000^{fr}).

Ce prix *biennal*, fondé par Mme Vve Caméré, en souvenir et pour perpétuer la mémoire de son mari, ne pourra être donné qu'*à un ingénieur français, qu'il soit ingénieur des Mines, des Ponts et Chaussées, ou ingénieur civil, ayant personnellement conçu, étudié et réalisé un travail quelconque dont l'usage aura entraîné un progrès dans l'art de construire.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1916.

PRIX JÉROME PONTI (3500fr).

Ce prix *biennal* sera décerné, en 1916, *à l'auteur d'un travail scientifique dont la continuation ou le développement seront jugés importants pour la Science.*

PRIX BORDIN (3000fr).

Prix biennal à sujet variable.

L'Académie met de nouveau au concours, pour l'année 1916, la question suivante, qui avait été proposée pour le concours de l'année 1912 : *Recherches relatives au déterminisme du sexe chez les animaux.*

PRIX PARKIN (3400fr).

Ce prix *triennal* est destiné à récompenser des recherches sur les sujets suivants :

« 1° *Sur les effets curatifs du carbone sous ses diverses formes et plus » particulièrement sous la forme gazeuse ou gaz acide carbonique, dans le » choléra, les différentes formes de fièvre et autres maladies ;*

» 2° *Sur les effets de l'action volcanique dans la production de maladies » épidémiques dans le monde animal et le monde végétal, et dans celle des » ouragans et des perturbations atmosphériques anormales.* »

Le testateur stipule :

« 1° Que les recherches devront être écrites en français, en allemand » ou en italien ;

» 2° Que l'auteur du meilleur travail publiera ses recherches à ses pro- » pres frais et en présentera un exemplaire à l'Académie dans les trois » mois qui suivront l'attribution du prix ;

» Chaque troisième et sixième année, le prix sera décerné à un tra- » vail relatif au premier desdits sujets, et chaque neuvième année à un » travail sur le dernier desdits sujets. »

L'Académie ayant décerné pour la première fois ce prix en 1897, attribuera ce prix triennal, en l'année 1916, *à un travail sur le premier desdits sujets*, conformément au vœu du testateur.

PRIX JEAN REYNAUD (10000fr).

Mme Vve Jean Reynaud, « voulant honorer la mémoire de son mari et perpétuer son zèle pour tout ce qui touche aux gloires de la France », a fait donation à l'Institut de France d'une rente sur l'État français, de la somme de *dix mille francs*, destinée à fonder un *prix annuel* qui sera successivement décerné par les cinq Académies « au travail le plus méritant, relevant de chaque classe de l'Institut, qui se sera produit pendant une période de cinq ans ».

« Le prix J. Reynaud, dit la fondatrice, ira toujours à une œuvre origi-
» nale élevée et ayant un caractère d'invention et de nouveauté.

» Les Membres de l'Institut ne seront pas écartés du concours.

» Le prix sera toujours décerné intégralement; dans le cas où aucun
» Ouvrage ne semblerait digne de le mériter entièrement, sa valeur sera
» délivrée à quelque grande infortune scientifique, littéraire ou artistique. »

L'Académie des Sciences décernera le prix Jean Reynaud en 1916.

PRIX DU BARON DE JOEST (2000fr).

Ce prix, décerné successivement par les cinq Académies, est attribué à celui qui, dans l'année, *aura fait la découverte ou écrit l'Ouvrage le plus utile au bien public*. Il sera décerné par l'Académie des Sciences dans sa séance publique de 1916.

PRIX SERRES (7500fr).

Ce prix *triennal*, « *destiné à récompenser des travaux sur l'Embryologie* » *générale appliquée autant que possible à la Physiologie et à la Médecine* », sera décerné en 1917 par l'Académie au meilleur Ouvrage qu'elle aura reçu sur cette importante question.

PRIX ALHUMBERT (1000fr).

Ce prix *quinquennal*, à sujet variable, sera décerné, s'il y a lieu, en 1917.

La question à traiter sera donnée ultérieurement par l'Académie.

PRIX ESTRADE-DELCROS (8000fr).

M. Estrade-Delcros a légué toute sa fortune à l'Institut. Conformément à la volonté du testateur, ce legs a été partagé, par portions égales, entre les cinq classes de l'Institut, pour servir à décerner, *tous les cinq ans*, un prix sur *le sujet que choisira chaque Académie*.

Ce prix ne peut être partagé. Il sera décerné, s'il y a lieu, par l'Académie des Sciences, en 1918.

PRIX DANTON (1500fr).

Ce nouveau prix *quinquennal* est destiné à récompenser les travaux relatifs aux phénomènes radiants.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1918.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER (15000fr).

Le prix Jean-Jacques Berger est décerné successivement par les cinq Académies à l'Œuvre la plus méritante concernant la Ville de Paris ; il sera décerné, s'il y a lieu, par l'Académie des Sciences, en 1919.

Conditions :

— Les concurrents devront justifier de leur qualité de Français.

— Le prix sera toujours décerné intégralement.

— Si le prix n'est pas décerné, des encouragements pourront être accordés.

— Aucun programme n'est imposé : les Œuvres ressortissant à l'Académie décernant le prix seront seules admises au Concours.

FONDS BONAPARTE.

Le prince Roland Bonaparte, par une lettre en date du 23 novembre 1911, publiée dans les *Comptes rendus* de la séance du 27 novembre, a déclaré vouloir mettre à la disposition de l'Académie des Sciences, pour l'encouragement des *recherches scientifiques* parmi les travailleurs n'appartenant pas à cette Compagnie, cinq nouvelles annuités de *cinquante mille francs*.

Ces subventions ont exclusivement pour but de provoquer des découvertes en facilitant la tâche de chercheurs qui auraient déjà fait leurs preuves en des travaux originaux et qui manqueraient des ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations.

L'attribution des annuités de 1915 et 1916 sera faite par l'Académie tout entière, sur le Rapport d'une Commission spéciale, aux dates suivantes :

15 juillet 1915, 1916.

Aucune subvention ne devra être inférieure à deux mille francs.

Conformément aux dispositions arrêtées dans le Comité secret du 2 mars 1908, confirmées et renouvelées dans le Comité secret du 27 novembre 1911, les personnes qui désireraient recevoir une part de ces subventions devront se conformer aux conditions suivantes :

Les demandes de subvention, qui peuvent être présentées par les candidats, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un Membre de l'Académie, devront être adressées à l'Académie, **chaque année, avant le 1er janvier.**

Ces demandes devront contenir un **exposé précis** *des travaux pour lesquels la subvention est demandée et indiquer la somme jugée nécessaire pour les réaliser.*

Les bénéficiaires de subventions devront adresser, dans les 12 mois, à l'Académie un rapport succinct, relatif à la manière dont ils auront employé les ressources mises à leur disposition et aux résultats qu'ils auront obtenus.

Tout bénéficiaire qui n'aurait pas fourni de rapport dans les délais voulus sera exclu du droit de recevoir de nouvelles subventions.

La primeur des découvertes, sous quelque forme que ce soit, sera réservée à l'Académie. La non-observation de cette clause entraînerait pour l'auteur la perte du droit de recevoir de nouvelles subventions.

FONDS LOUTREUIL.

M. **Auguste-Tranquille Loutreuil**, industriel français et homme de bien, a légué à l'Académie des Sciences, par un testament en date du 15 juillet 1910, une somme de *trois millions cinq cent mille francs*, aux clauses et conditions suivantes :

« 1° Le revenu annuel de cette somme sera consacré à encourager, dans les établissements de haute culture scientifique de Paris et de province (autres que les Universités), ainsi que par les savants et chercheurs libres, indépendants de ces établissements : le progrès des sciences de toute nature; la création et le développement de l'outillage des laboratoires; le développement des collections, bibliothèques et publications savantes; les recherches et les voyages scientifiques; la création de cours d'enseignement, et à permettre de donner des allocations pécuniaires à des savants, attachés ou non à ces établissements, et dont les ressources sont souvent inférieures à leur mérite.

» 2° L'emploi de ce revenu annuel sera décidé par un Conseil composé : du Président en exercice de l'Académie des Sciences, président; de ses deux Secrétaires perpétuels et de trois membres de cette Académie désignés, pour trois ans, l'un par les Sections des Sciences mathématiques, l'autre par les Sections des Sciences naturelles, le troisième par les Académiciens libres. En cas de partage, la voix du président sera prépondérante.

» La décision de ce Conseil sera préparée par un Comité consultatif, composé d'un représentant, élu pour trois ans, du Muséum d'Histoire naturelle, désigné par ses professeurs; du Collège de France, désigné par ses professeurs de sciences; du Conseil central des Observatoires; du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique; de chacune des Écoles vétérinaires d'Alfort, Lyon et Toulouse, choisi par les professeurs de ces écoles; de l'Institut national agronomique, désigné par ses professeurs. Le Président de l'Académie des Sciences pourra ajouter à cette liste des

inventeurs ou savants notoires n'appartenant à aucun établissement, et des représentants d'établissements scientifiques non dénommés ci-dessus. Ce Comité consultatif sera réuni au moins une fois par an par le Président de l'Académie des Sciences. Son avis ne liera pas d'une manière absolue le Conseil défini ci-dessus, qui décidera en s'inspirant des intentions du donateur. »

Les arrérages de la Fondation Loutreuil seront répartis en 1915.

CONDITIONS COMMUNES A TOUS LES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées destinées aux divers concours de l'Académie des Sciences doivent être directement adressées par les auteurs au Secrétariat de l'Institut (Académie des Sciences), *avec une lettre adressée à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences*, constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les Ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de trois exemplaires.

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Il ne sera tenu aucun compte des demandes ou des écrits envoyés après cette date, alors même que les envois seraient regardés par leurs auteurs comme des additions, ou des compléments, ou des rectifications à un travail qu'ils auraient adressé dans les délais de rigueur.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des Ouvrages ou Mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au Secrétariat de l'Institut.

Le même Ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux Académies de l'Institut.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter des prix généraux.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, ou des *mentions* n'ont pas droit à ce titre.

Nota. — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

LECTURES.

M. **Gaston Darboux**, Secrétaire perpétuel, lit l'Éloge historique d'*Henri Poincaré*, Membre de l'Académie.

G. D. et Ph. v. T.

TABLEAUX
DES PRIX DÉCERNÉS ET DES PRIX PROPOSÉS

DANS LA SÉANCE DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1913.

TABLEAU DES PRIX DÉCERNÉS.

ANNÉE 1913.

PRIX PROPOSÉS

pour les années 1915, 1916, 1917, 1918 *et* 1919.

Fonds Bonaparte.

1915, 1916.

Cinq annuités de *cinquante mille francs* ont été mises, en 1912, à la disposition de l'Académie par le prince ROLAND BONAPARTE pour l'encouragement des *recherches scientifiques* parmi les travailleurs n'appartenant pas à cette Compagnie.

Ces subventions ont exclusivement pour but de provoquer des découvertes en facilitant la tâche de chercheurs qui auraient déjà fait leurs preuves en des travaux originaux et qui manqueraient des ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations.

Fonds Loutreuil.

(Revenu annuel : 124 000fr.)

Les arrérages de cette nouvelle fondation, due à la libéralité du grand industriel français A. Loutreuil, seront répartis en 1915, dans les conditions spéciales imposées par le testateur, *pour encourager le progrès des Sciences de toute nature.*

TABLEAU PAR ANNÉE

DES PRIX PROPOSÉS POUR 1915, 1916, 1917, 1918 ET 1919.

1915.

GÉOMÉTRIE.

PRIX FRANCŒUR.
PRIX BORDIN. — *Réaliser un progrès notable dans la recherche des courbes à torsion constantes; déterminer, s'il est possible, celles de ces courbes qui sont algébriques, tout au moins celles qui sont unicursales.*

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.
PRIX PONCELET.
PRIX BOILEAU. — Hydraulique.

NAVIGATION.

PRIX EXTRAORDINAIRE DE SIX MILLE FRANCS. — Destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales.
PRIX PLUMEY.

ASTRONOMIE.

PRIX PIERRE GUZMAN.
PRIX LALANDE.
PRIX VALZ.
PRIX G. DE PONTÉCOULANT. — Mécanique céleste.

GÉOGRAPHIE.

PRIX TCHIHATCHEF.
PRIX GAY. — *Étudier la répartition des végétaux en Indo-Chine.*

PHYSIQUE.

PRIX HÉBERT.
PRIX HUGHES.
PRIX HENRI DE PARVILLE.
PRIX GASTON PLANTÉ.

CHIMIE.

PRIX JECKER.
PRIX CAHOURS.
PRIX MONTYON. — Arts insalubres.
PRIX HOUZEAU.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE.
PRIX JOSEPH LABBÉ.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.
PRIX MONTAGNE.
PRIX DE COINCY.
PRIX THORE.
PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVIZON. — Physiologie végétale.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX SAVIGNY.
PRIX CUVIER.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.
PRIX BARBIER.
PRIX BRÉANT.
PRIX GODARD.
PRIX DU BARON LARREY.
PRIX BELLION.
PRIX MÈGE.
PRIX ARGUT.
PRIX CHAUSSIER.
PRIX DUSGATE.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.
PRIX PHILIPEAUX.
PRIX LALLEMAND.
PRIX POURAT. — *Du rapport du sucre combiné avec les matières albuminoïdes.*

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

HISTOIRE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

PRIX GÉNÉRAUX.

MÉDAILLE ARAGO.
MÉDAILLE LAVOISIER.
MÉDAILLE BERTHELOT.
PRIX HENRI BECQUEREL.
PRIX GEGNER.
PRIX LANNELONGUE.

Prix Gustave Roux.
Prix Trémont.
Prix Wilde.
Prix Lonchampt.
Prix Saintour (Sciences mathématiques).
Prix Henri de Parville.
Prix Victor Raulin.
Prix Vaillant. — *Découvrir une couche photographique sans grains visibles et aussi sensible que le gélatinobromure actuellement en usage.*
Prix Fanny Emden.
Grand Prix des Sciences physiques. — *Étudier une colonie française au point de vue de sa géologie, de sa minéralogie et de sa géographie physique.*
Prix Leconte.
Prix Petit d'Ormoy.
Prix Pierson-Perrin.
Prix Laplace.
Prix Félix Rivot.
Fonds Bonaparte. — Annuités de *cinquante mille francs*, mises à la disposition de l'Académie par le prince Roland Bonaparte, pour l'encouragement des *recherches scientifiques* parmi les travailleurs n'appartenant pas à cette Compagnie.
Fonds Loutreuil. — Les arrérages, *cent vingt quatre mille francs*, de cette nouvelle fondation, due à la libéralité du grand industriel français A. Loutreuil, seront répartis, en 1915, dans les conditions spéciales imposées par le testateur, *pour encourager les progrès des Sciences de toute nature.*

1916

Grand Prix des Sciences mathématiques. — *Appliquer les méthodes d'Henri Poincaré à l'intégration de quelques équations différentielles linéaires, algébriques, choisies parmi les plus simples.*
Prix Poncelet. — Mathématiques pures.
Prix Henri de Parville. — Mécanique.
Prix Fourneyron. — *Décerné à l'auteur des perfectionnements les plus importants apportés aux moteurs des appareils d'aviation.*
Prix Janssen. — Médaille d'or destinée à récompenser la découverte ou le travail faisant faire un progrès important à l'Astronomie physique.
Prix Gay. — *Progrès apportés aux instruments et aux méthodes des levés topométriques et topographiques.*
Prix Binoux. — Géographie et Navigation.
Prix Delalande-Guérineau.
Prix L. La Caze. — Physique.
Prix Kastner-Boursault.
Prix L. La Caze. — Chimie.
Prix Victor Raulin. — Géologie et Paléontologie.
Prix de La Fons-Mélicocq.
Prix Thore. — Zoologie.
Prix L. La Caze. — Physiologie.
Prix Martin-Damourette.
Prix Houllevigue.
Prix Caméré.
Prix Jérôme Ponti.

1917.

Prix Bordin (Sciences physiques). — *Recherches relatives au déterminisme du sexe chez les animaux.*
Prix Parkin.
Prix Jean Reynaud.
Prix du baron de Joest.
Prix Bordin (Sciences mathématiques). — *Perfectionner en quelque point important la théorie arithmétique des formes non quadratiques.*
Prix Vaillant. — *Déterminer et étudier toutes les surfaces qui peuvent de deux manières différentes être engendrées par les déplacements d'une courbe invariable.*
Prix Damoiseau.
Prix Berthelot.
Prix Victor Raulin. — Minéralogie et Pétrographie.
Prix Fontannes.
Prix James Hall.
Prix Serres.
Prix Alhumbert.

1918.

Prix Estrade-Delcros.
Prix Danton.

1919.

Prix Victor Raulin. — Météorologie et Physique du Globe.
Prix Jean-Jacques Berger.

1925.

Prix Bigot de Morogues.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 24 NOVEMBRE 1913.

A history of the first half-century of the NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1863-1913. Washington, 1913; 1 vol. in-4°.

*Comptes rendus des Séances de la dix-septième Conférence générale de l'*ASSOCIATION GÉODÉSIQUE INTERNATIONALE, réunie à Hambourg du 17 au 27 septembre 1912, rédigés par le Secrétaire perpétuel, H.-G. VAN DE SANDE BAKHUYSEN; 1er Volume : *Procès-verbaux et Rapports des Délégués sur les travaux géodésiques accomplis dans leurs pays;* avec cartes et planches. Berlin, Georg Reimer; Leyde, E.-J. Brill, 1913; 1 vol. in-4°.

R. OSSERVATORIO DI CATANIA. *Catalogo astrofotografico* 1900,0. *Zona di Catania fra le declinazioni* $+46°$ E $+55°$. Vol. V, parte I. *Declinazione* $+50°$ *a* $+52°$, *ascensione retta* 0^h *a* 3^h. Catane, 1907; 1 vol. in-4°.

THE NORWEGIAN AURORA POLARIS EXPEDITION, 1902-1903. Volume I : *On the cause of magnetic storms and the origin of terrestrial magnetism.* Second section, by KR. BIRKELAND. Christiania, H. Aschehoug and Co, 1913; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Nova Caledonia : Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty, par FRITZ SARASIN et JEAN ROUX. A. *Zoologie;* Vol. I. — Livraison I : *Die Vögel Neu Caledoniens und der Loyalty-Inseln,* von FRITZ SARASIN. — Livraison II : *Les Reptiles de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyalty,* par JEAN ROUX. Wiesbaden, C.-W. Kreidel, 1913; 2 fasc. in-4°. (Présenté par M. E. Perrier.)

Leçons sur les principes de l'Analyse, par R. D'ADHÉMAR, avec une *Note* de SERGE BERNSTEIN; Tome II : *Fonctions synectiques. Méthode des majorantes. Équations aux dérivées partielles du premier ordre. Fonctions elliptiques. Fonctions entières.* Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Jordan.)

Les Classiques de la Science, collection publiée sous la direction de MM. H. ABRAHAM, H. GAUTIER, H. LE CHATELIER, J. LEMOINE : I. *L'air, l'acide carbonique et l'eau.* Mémoires de Dumas, Stas et Boussingault. — II. *Mesure de la vitesse de la lumière. Étude optique des surfaces.* Mémoires de Léon Foucault. — III. *Eau oxygénée et ozone.* Mémoires de Thénard, Schœnbein, de Marignac, Soret, Troost, Hautefeuille et Chappuis. — IV. *Molécules, atomes et notation chimique.* Mémoires de Gay-Lussac, Avogadro, Ampère, Dumas, Gaudin et Gerhardt. Paris, Armand Colin, 1913; 4 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Henry Le Chatelier.)

Paléontologie végétale : Cryptogames cellulaires et Cryptogames vasculaires, par FERNAND PELOURDE; *Préface* de M. R. ZEILLER, Membre de l'Institut. Paris, Octave Doin et fils, 1914; 1 vol. in-12. (Hommage de M. Zeiller.)

Statistique médicale de la Marine pendant l'année 1909; 11e année. Paris, Imprimerie Nationale, 1913; 1 vol. in-4°.

The geography and industries of Wisconsin, by RAY HUGHES WHITBECK. (*Wis-*

consin Geological and natural History Survey; Bull. n° 26.) Madison, Wis., 1913; 1 fasc. in-8°.

Yearbook of the United States Department of Agriculture, 1912. Washington, 1913; 1 vol. in-8°.

The Institution of Mechanical Engineers. Proceedings, 1913; parts 1-2. Londres; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 23 juin 1913.)

Note de M. *E. Rengade*, Sur les points de fusion, chaleurs spécifiques et chaleurs de fusion des métaux alcalins :

Page 189, Tableau numérique : la première ligne du Tableau représente les chaleurs spécifiques *moyennes* de 0 à $t°$, et non les chaleurs spécifiques vraies; pour avoir celles-ci, il faut doubler le coefficient de t dans les formules.

En outre, dans la colonne du potassium :

1re ligne,	*au lieu de*	$+0,000142t$,	*lire*	$+0,000146t$;
3e ligne,	»	14,67,	»	14,63;
5e ligne,	»	573,7,	»	572,0.

(Séance du 30 juin 1913.)

Note de M. *A. Korn*, Sur les équations intégrales à noyau symétrique :

Page 1965, ligne 15, *au lieu de*

$$k'_1(x,y) = k_1(y,x),$$

lire

$$k'_1(x,y) = k'_1(y,x).$$

Page 1966, ligne 9 en remontant, *au lieu de*

$$\varphi_{j\rho,k}(x)\,\varphi_{j\rho,s_{j\rho}-k}(y),$$

lire

$$\varphi_{j\rho,k}(x)\,\varphi'_{j\rho,s_{j\rho}-k}(y).$$

Page 1967, ligne 9 en remontant, *au lieu de*

$$1 + \frac{1}{1\lambda_j[\lambda_j]},$$

lire

$$1 + \frac{1}{2\lambda_j[\lambda_j]}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Appell**, en présentant à l'Académie les Comptes rendus de la *Cinquième Conférence générale des Poids et Mesures*, s'exprime comme il suit :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les Comptes rendus de la *Cinquième Conférence générale des Poids et Mesures*, réunie à Paris et à Sèvres, du 9 au 17 octobre dernier. Conformément aux termes de la Convention du Mètre, du 20 mai 1875, la présidence de la Conférence est dévolue au Président de l'Académie des Sciences. M. le Président de l'Académie a bien voulu me déléguer à sa place; c'est donc au titre de Président de la dernière Conférence que je fais la présentation d'aujourd'hui.

Cette Conférence, à laquelle étaient représentés vingt-deux des vingt-six États adhérents à la Convention, a pris d'importantes décisions d'ordre administratif et d'ordre scientifique. Parmi les dernières, je mentionnerai : d'une part, les résolutions relatives à l'intensité normale de la pesanteur, à l'échelle thermométrique, aux étalons géodésiques; d'autre part, la sanction donnée à la nouvelle équation de deux kilogrammes étalons nationaux, qui avaient subi quelques détériorations.

La Conférence s'est aussi occupée de législation métrologique; elle a donné une attention particulière au projet de modification de la législation française sur les Poids et Mesures, qui lui a été présenté par notre confrère M. Violle, délégué à la Conférence, avec M. Darboux et M. Tirman.

Les questions techniques soumises à l'examen de la Conférence ont été

exposées dans un *Rapport sur les récents progrès du Système métrique*, qui a été élaboré par M. Ch.-Éd. Guillaume, et que je présente également à l'Académie. Ce rapport traite des perfectionnements introduits dans la construction et dans l'étude des étalons, des déterminations fondamentales, des modifications apportées aux législations, enfin des progrès d'ordre général dans l'expansion du Système métrique.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les formes quadratiques binaires indéfinies.* Note de M. G. Humbert.

1. Dans un Mémoire publié au *Journal des Mathématiques* (6e série, t. IV), j'ai fait connaître des formules relatives aux minima des classes de formes quadratiques binaires et positives : certaines sommes algébriques de minima, étendues à toutes les classes de discriminant M, s'expriment à l'aide des diviseurs des nombres $M - x^2$, x prenant toutes les valeurs entières inférieures, en valeur absolue, à $\sqrt{M}$.

J'ai, depuis, obtenu de nombreuses formules où les seconds membres sont également exprimables par les mêmes diviseurs, et j'ai reconnu, très simplement, qu'on peut, au lieu de ces diviseurs, introduire les coefficients des *réduites indéfinies de déterminant* M. Dans ce qui suit, je me bornerai au cas où $M = 4N + 3$.

2. Soit une classe de formes quadratiques binaires indéfinies, de *déterminant* $4N + 3$ et de l'ordre propre ; j'appellerai, dans cette classe, formes *réduites*, les formes $ax^2 + 2bxy + cy^2$ qui satisfont aux conditions suivantes :

1° a et c sont impairs, ce qui entraîne b pair ;

2° la circonférence représentative de la forme, c'est-à-dire la courbe $c(\xi^2 + \eta^2) + 2b\xi + a = 0$, pénètre dans le domaine situé au-dessus de l'axe des ξ et limité par la circonférence $\xi^2 + \eta^2 = 1$, et les droites $\xi = +1$, $\xi = -1$.

Cette définition des réduites n'est pas tout à fait celle de Stephen Smith ; les considérations qui vont suivre l'introduisent naturellement.

Nous appellerons *réduites principales* les réduites dont la circonférence représentative coupe la circonférence $\xi^2 + \eta^2 = 1$; les réduites non principales seront dites *secondaires*.

Pour qu'une forme (a, b, c) soit réduite principale, il faut et il suffit (en outre des conditions a et c impairs) que

$$(a+c)^2 - 4b^2 < 0.$$

Les réduites principales se groupent quatre à quatre, à savoir (a, b, c); $(a, -b, c)$; $(-a, b, -c)$; $(-a, -b, -c)$, qui sont toujours distinctes ; il sera parfois utile, pour simplifier les énoncés, de n'introduire que les réduites principales où $a+c > 0$, et qui forment la moitié du nombre total, car $a+c$ ne peut être nul.

3. Cela posé, voici une des formules auxquelles il a été fait allusion plus haut.

Considérons les classes de formes binaires *positives* de *discriminant* $4N+3$ et de l'ordre propre ; on appelle *minima* d'une classe les trois plus petits entiers représentables *proprement* par les formes de la classe : si (α, β, γ) est la réduite de Gauss pour la classe, les minima sont $\alpha, \gamma, \alpha+\gamma-2|\beta|$; deux de ces nombres sont impairs, le troisième est pair. Désignons par m_1, m_2 les deux minima impairs $(m_1 \leq m_2)$; par m le minimum pair. On a

$$(1) \qquad \sum_{4N+3} \left[m_1 \left(\frac{-1}{m_1}\right) + m_2 \left(\frac{-1}{m_2}\right) \right] = -2 \sum_{x \gtreqless 0} \psi(4N+3-4x^2).$$

Au premier membre, la somme s'étend à toutes les classes de formes binaires et positives de discriminant $4N+3$ et de l'ordre propre, c'est-à-dire où les coefficients extrêmes ne sont pas pairs à la fois. Au second membre, $\psi(M)$ désigne la somme des diviseurs de M inférieurs à $\sqrt{M}$ et Σ porte sur les valeurs entières de x, inférieures, en valeur absolue, à $\frac{1}{2}\sqrt{4N+3}$.

Enfin $\left(\frac{-1}{m_1}\right)$ est le symbole de Jacobi, c'est-à-dire $\left(\frac{-1}{m_1}\right) = (-1)^{\frac{m_1-1}{2}}$. Or, si l'on pose $4N+3 = 4x^2 + dd_1$, avec d et d_1 positifs et $d < d_1$, le second membre de (1) s'écrit $-2\Sigma d$, la somme s'étendant aux décompositions

$$(2) \qquad 4N+3 = 4x^2 + dd_1, \qquad x \gtreqless 0; \qquad d, d_1 > 0; \qquad d < d_1.$$

D'autre part, à la décomposition (2), associons les *deux* formes (a, b, c), définies par

$$(3) \qquad a = \frac{d_1 - d}{2} - 2x, \qquad c = \frac{d_1 - d}{2} + 2x, \qquad b = \pm \frac{d_1 + d}{2}.$$

Il est aisé de voir que a et c sont impairs, que $b^2 - ac = 4N + 3$, enfin que $(a+c)^2 - 4b^2 < 0$. D'ailleurs, $a + c$ est positif.

Les deux formes (a, b, c) et $(a, -b, c)$, ainsi introduites, sont donc des formes binaires indéfinies, distinctes, de déterminant $4N + 3$, et *réduites principales*, pour lesquelles $a + c > 0$. Réciproquement, à une réduite principale (a, b, c), où $a + c > 0$, et de déterminant $4N + 3$, correspond, par (3), *une* et une seule décomposition (2), car le signe $\pm$ dans la dernière (3) doit être choisi de telle sorte que $d_1 + d$ soit positif.

La relation (1) s'écrit dès lors, puisque $2d = 2|b| - (a + c)$,

$$(4) \qquad \sum\left[m_1\left(\frac{-1}{m_1}\right) + m_2\left(\frac{-1}{m_2}\right)\right] = \frac{1}{2}\sum[a + c - 2|b|];$$

la somme, *au premier membre*, s'étend à toutes les formes *réduites de Gauss positives* (ordre propre) de discriminant $4N + 3$, et m_1, m_2 sont les minima impairs d'une quelconque de ces réduites; la somme, au second membre, s'étend à toutes les *réduites principales* indéfinies, de déterminant $4N + 3$, pour lesquels $a + c > 0$. On peut supprimer cette dernière condition et étendre la somme, au second membre, à *toutes* les réduites principales de déterminant $4N + 3$; seulement, il faut remplacer le facteur $\frac{1}{2}$ par $\frac{1}{4}$ et écrire $|a + c|$ au lieu de $a + c$.

La formule (4) *donne ainsi une relation remarquable entre les coefficients des réduites, pour les formes définies et indéfinies de déterminants respectifs* $-(4N + 3)$ et $+(4N + 3)$.

Exemple. — Soit $4N + 3 = 11$. Pour les classes de formes positives de déterminant -11, on a les trois réduites de Gauss :

$$x^2 + 11y^2; \quad 3x^2 \pm 2xy + 4y^2,$$

et les valeurs correspondantes de m_1, m_2 sont respectivement 1, 11; 3, 5; 3, 5.

Le premier membre de (4) est alors $1 - 11 - 3 + 5 - 3 + 5$, ou -6.

Pour les classes indéfinies de déterminant 11, les réduites principales, où $a + c$ est positif, sont :

$$x^2 \pm 8xy + 5y^2; \quad 5x^2 \pm 8xy + y^2; \quad 5x^2 \pm 12xy + 5y^2;$$

les valeurs correspondantes de $a + c - 2|b|$ sont -2, -2, -2, -2, -2, -2, dont la demi-somme est -6. La formule (4) est ainsi vérifiée.

4. Voici d'autres résultats, sur la démonstration desquels j'aurai à revenir, et où les classes indéfinies s'introduisent par un procédé analogue.

Décomposons un nombre de la forme $8M + 3$ en trois carrés impairs, de toutes les manières possibles :

$$(5)\qquad 8M+3=(2k+1)^2+(2k'+1)^2+(2k''+1)^2, \qquad (k, k', k''\geqq 0);$$

d'autre part, considérons, pour le déterminant $8M+3$, les réduites principales (a, b, c) où $a+c>0$; désignons, pour abréger, par β la quantité $|b|-\frac{1}{2}(a+c)$, qui est nécessairement impaire et positive; on a, en représentant par $f(x)$ une fonction *paire* de x, et d'ailleurs quelconque,

$$(6)\qquad \sum\left(\frac{-1}{\beta}\right)f(a-|b|)=2\sum f(2k+1).$$

La première somme s'étend aux réduites principales ci-dessus; la seconde aux décompositions (5).

Si l'on fait en particulier $f=1$, et si $F(8M+3)$ est le nombre des classes positives (ordre propre) de discriminant $8M+3$, la formule (6) donne, à cause de la relation connue entre ce nombre et celui des décompositions (5),

$$(7)\qquad F(8M+3)=\frac{1}{2}\sum\left(\frac{-1}{\beta}\right),$$

Σ portant sur les réduites principales de déterminant $8M+3$, pour lesquelles $a+c>0$. Cette dernière formule se déduirait, par le procédé du n° 3, d'une formule donnée par Hermite dans sa *Lettre à Liouville* et dans le Tome 100 du *Journal de Crelle*.

De même, faisant, dans (6), $f(x)=x^2$, ou $f(x)=x(-1)^{\frac{x-1}{2}}$, on trouverait successivement :

$$\frac{8}{3}(8M+3)F(8M+3)=\sum\left(\frac{-1}{\beta}\right)2\beta(a+c),$$

$$\sum(-1)^k(2k+1)=-\frac{1}{4}\sum|b|(-1)^{\frac{b}{2}}.$$

Une formule du même genre que (6) s'applique aux décompositions de $4N+3$ en cinq carrés; elle comprend, comme cas particulier, la suivante, qu'il est aisé d'établir directement :

Le nombre total des décompositions de $4N+3$ en cinq carrés, les trois carrés impairs étant écrits les premiers, et les entiers élevés au carré

pouvant être positifs, nuls ou négatifs, est égal à $\Sigma|b|$, cette somme s'étendant à toutes les réduites principales de déterminant $4N+3$.

D'autres formules ne portent que sur les coefficients des réduites principales. Par exemple :

Pour les réduites principales (a, b, c), de déterminant $8M+3$, on a

$$\Sigma(-1)^{\frac{b}{2}}[|a+c|-|b|]=0,$$

Σ s'étendant à *toutes* ces réduites; de même :

Pour les réduites principales (a, b, c), de déterminant $8M+7$, on a

$$\Sigma(-1)^{\frac{b}{2}}|b|=0.$$

Voici enfin une propriété des réduites secondaires :

Le nombre des réduites secondaires de déterminant $4N+3$ est la moitié du nombre des réduites principales (a, b, c), de même déterminant, pour lesquelles a et c ont le même signe.

M. Ch. Lallemand annonce à l'Académie que la *Carte internationale du monde au millionième*, au sujet de laquelle, sur l'initiative du Gouvernement anglais, une première Conférence officielle avait été tenue à Londres, au *Foreign Office*, en 1909, vient d'être, à Paris, du 10 au 17 décembre dernier, à l'Hôtel des Invalides, l'objet d'une deuxième Conférence. Trente-deux États s'y étaient fait représenter, alors que la première n'en avait réuni que huit.

Le succès de ce nouveau Congrès a dépassé toutes les espérances.

Une entente unanime a pu être réalisée au sujet de signes conventionnels uniformes à employer, soit pour la figuration du relief de la surface terrestre et du fond des mers, soit pour la représentation des lieux habités et des voies de communication de toutes natures.

S. A. S. le Prince de Monaco a fait connaître, par l'organe de son délégué à la Conférence, M. Alphonse Berget, qu'il prendrait à sa charge personnelle la confection d'un certain nombre de feuilles océaniques.

Le Gouvernement chinois, d'autre part, a officiellement annoncé la création de services cartographiques provinciaux, chargés de l'établissement des feuilles correspondantes de la Carte du Monde.

Les feuilles intéressant l'Afrique ont été réparties entre les divers pays intéressés.

Les délégués des États de l'Amérique du Sud se sont, en principe, mis

d'accord sur la nécessité de l'exécution prochaine du relevé géodésique de leurs frontières.

Un Bureau central, entretenu à frais communs par les États associés, doit être créé près de l'*Ordnance Survey Office* à Southampton, avec bureau auxiliaire au *War Office*, à Londres, à l'effet de coordonner les travaux et de fournir aux divers services cartographiques nationaux les renseignements dont ils pourraient avoir besoin.

Enfin, il a été prévu pour l'année prochaine, à Berlin, la réunion d'une troisième Conférence internationale qui fixerait quelques points restés encore en suspens.

M. L. **Lecornu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le Tome I du Cours de Mécanique que je professe depuis dix ans à l'École Polytechnique.

La Mécanique ne doit pas, dans une école d'ingénieurs, être exposée de la même façon que dans une Faculté : il faut, dans un temps assez limité, allier convenablement la théorie avec la pratique et tâcher surtout de développer chez les élèves l'esprit d'intuition, le sentiment des réalités.

Mais l'École Polytechnique se distingue des autres écoles d'ingénieurs par l'élévation de son niveau scientifique et elle occupe ainsi, en France, une place à part, consacrée par une longue et glorieuse tradition. En outre, ses élèves sont appelés à compléter ultérieurement leur instruction professionnelle dans diverses Écoles d'application. Ces circonstances interdisent de trop restreindre les leçons purement théoriques et permettent, par contre, de se borner, pour la partie technique, à l'indication des méthodes générales.

Telles ont été, et telles sont encore, les idées directrices de mon enseignement. J'ajoute que le présent Ouvrage est édité, avec la perfection habituelle, par la maison Gauthier-Villars.

M. **Émile Picard** fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de publier sur *L'Œuvre de Henri Poincaré*.

M. **Yves Delage** fait hommage à l'Académie du Tome XV de l'*Année biologique*, publiée sous sa direction.

SPECTROSCOPIE MINÉRALOGIQUE. — *Sur le spectre de bandes de l'aluminium et sur sa présence dans les spectres de flamme de certains minéraux.* Note de M. **Arnaud de Gramont.**

J'ai entrepris [1] depuis 1911 l'étude des spectres des minéraux introduits dans la flamme oxydante du chalumeau à oxygène, d'abord avec le gaz d'éclairage et l'hydrogène, comme l'avaient fait depuis longtemps M. Hartley et ses collaborateurs, puis en faisant usage de l'acétylène au moyen du chalumeau oxyacétylénique dont l'emploi est devenu courant dans l'industrie. J'ai tenu à me servir d'un des dispositifs généralement usités, le chalumeau dit B. R. C., avec l'acétylène sous pression dissous dans l'acétone, et l'oxygène liquide, les deux gaz arrivant par deux tubulures différentes après avoir traversé chacun un manomètre détendeur qui le laisse sortir à une pression inférieure à une demi-atmosphère. L'acétylène traverse un cylindre rempli de terre poreuse destiné à arrêter les retours de flamme, les deux gaz se mélangeant seulement près de l'orifice de la buse, dont l'ouverture était le plus souvent de 1^{mm} de diamètre. Après comparaison des spectres obtenus en employant le gaz d'éclairage, puis l'acétylène, j'ai reconnu le très grand avantage que présente ce dernier au point de vue de l'intensité et de la sensibilité des spectres qu'il permet d'obtenir. Ce procédé n'a pas la généralité, on pourrait dire l'universalité, de celui des spectres de dissociation par l'étincelle condensée, mais il est particulièrement sensible pour les alcalis et les alcalino-terreux, le gallium, l'indium, le thallium, le manganèse, le chrome, l'argent, le cuivre, le plomb, et il donne avec le fer, le nickel, le cobalt, des spectres dont les lignes, notablement moins nombreuses que celles de l'étincelle ou de l'arc, rendent la lecture des clichés plus facile.

La température, extrêmement élevée de la flamme du chalumeau oxyacétylénique ne permet pas d'y introduire sur un support quelconque les substances à étudier; l'iridium y fond comme de la cire, ainsi que le disthène (kyanite) préconisé par M. Hartley. J'ai fait souvent usage d'un procédé recommandé par celui-ci, en enroulant dans un morceau de papier à filtre, autant que possible exempt de cendres, le minéral très finement pulvérisé. La petite cartouche ainsi formée est lentement et progressivement introduite dans la flamme du chalumeau, à l'extrémité du cône bleu. La durée

[1] Société de Minéralogie, séance du 8 février 1912.

de production du spectre est prolongée, chose très importante en spectrographie, si la substance est légèrement humectée d'eau distillée. Celle-ci ne doit pas avoir été condensée ni recueillie dans des appareils en verre, mais dans un tube et un récipient en argent, afin d'éviter l'apparition des raies ultimes des métaux alcalins et alcalino-terreux, la combustion du papier de la cartouche fournissant d'ailleurs la raie 4226,9 du calcium, mais assez faiblement. Autant que possible, et c'est facile pour les micas, il vaut mieux introduire directement le minéral en éclats, ou en lames de clivage, dans la flamme, en évitant que celle-ci ne touche les pinces qui le maintiennent.

Pour ces recherches, les mesures étaient effectuées sur des clichés obtenus principalement avec un spectrographe construit d'après mes indications par Hilger, à deux prismes et lentilles en crown uviol dont l'indice, pour D, est de 1,5304, et la constante ν (inverse de la dispersion moyenne) de 64,5. Les objectifs, de $5^{cm},2$ d'ouverture, ont pour longueur focale, pour F, $54^{cm},9$ au collimateur et $85^{cm},2$ à la chambre. Le spectre ainsi produit occupe une longueur de $12^{cm},4$ sur les clichés, entre les raies Cd 6727,9 et Pb 3176,6 du spectre d'étincelle de l'alliage plomb-cadmium, qui me sert de repère.

Les spectres de chalumeau étaient aussi étudiés dans la région la plus réfrangible de l'ultraviolet avec un spectrographe à partie optique en quartz déjà décrit dans des Communications antérieures ([1]).

Avant d'exposer en détail les résultats obtenus ainsi par l'étude des clichés spectraux des divers minéraux introduits dans la flamme oxyacétylénique, il me semble intéressant de préciser ici les anomalies, tout au moins apparentes, que présente le spectre mixte de l'aluminium, dont les raies et les bandes, très bien développées avec certains minéraux, sont au contraire absentes, ou presque invisibles dans des espèces très voisines et de teneurs à peu près aussi élevées en aluminium.

Il nous faut établir d'abord quels sont les composés qui donnent cette réaction spectrale.

L'aluminium se comporte au point de vue spectral d'une façon très différente suivant la nature du composé introduit dans le chalumeau oxyacétylénique. L'aluminium métallique, les chlorures, bromures, iodures, fluorures, silico-fluorures, donnent un spectre mixte, de raies et de bandes, formé d'abord des fortes lignes comprises entre H et K du spectre solaire, et que, pour cette raison, je désignerai par H' (λ 3944,2) et

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. XVII, août 1909.

K′ (λ 3961,7), raies ultimes de l'étincelle et de l'arc, H′ étant la dernière à disparaître. Le spectre de bandes qui accompagne ces lignes, mais qui offre cependant une moindre sensibilité, est formé des bandes déjà connues et mesurées dont les arêtes premières, tournées vers le violet, ont pour longueurs d'ondes

δ	5333
β	5079,5
α	4842,4
γ	4648,1
ξ	4470,6

Les lettres grecques sont, sauf la dernière, celles adoptées par M. Lecoq de Boisbaudran pour le spectre de l'aluminium métallique [1] étincelle non condensée. Elles ont été mesurées depuis, sauf la première, avec une grande précision par plusieurs observateurs, notamment M. Hasselberg [2] et M. Lauwartz [3]. M. de Boisbaudran les avait obtenues aussi avec l'étincelle éclatant sur un morceau de Al^2Cl^6 anhydre, sur une solution du même sel, et sur la cryolite en fusion. Outre les bandes déjà connues, dont les premières arêtes sont seules mentionnées ci-dessus, j'ai reconnu une sixième bande de l'aluminium, plus réfrangible que les précédentes, et notablement plus faible que celles-ci. Difficilement visible dans les conditions ordinaires, elle vient cependant facilement sur les clichés, sans surexposition de la plaque. Voici les longueurs d'ondes des arêtes successives qui forment cette bande, dégradée comme les autres vers le rouge et dont l'arête première n'est pas la plus forte. Les intensités sont celles que j'ai notées avec l'arc produit entre deux tiges d'aluminium où elles sont plus fortes et mieux mesurables qu'avec le chalumeau.

λ.	*i*.
4330,5	2
4351,7	3
4373,6	4
4394,4	4
4413,3	3
4431,0	3
4447,6	2
4462,6	1

(1) *Spectres lumineux*, p. 102 et *Pl. XV*.
(2) *Astrophys. Journ.*, t. XI, 1892.
(3) *Zeitschr. f. wiss. Photogr.*, t. I, 1903.

Cette bande ne coïncide en aucune manière avec celle qu'a obtenue dans la même région M. O.-H. Basquin [1] avec l'arc dans l'hydrogène ou le gaz ammoniac, entre pôles d'aluminium, et il n'y a aucune confusion possible entre elles. La nouvelle bande, qui est la sixième et la plus faible, accompagne les autres sur les clichés que j'ai obtenus dans les différentes conditions capables de faire apparaître le spectre de l'aluminium, c'est-à-dire, en sus du spectre d'arc, dans les spectres d'étincelle, soit non condensée, soit condensée mais avec intercalation d'une self-induction (0,122 henry, pour 0,0054 microfarad), et dans les spectres de chalumeau. Je crois que cette bande a échappé aux récents observateurs, M. James Barnes [2], puis M. R. Grünter [3], à cause de sa faiblesse qui ne lui permet sans doute pas de venir sur les clichés fournis par des réseaux à long foyer.

Les composés *oxygénés* de l'aluminium ne donnent pas au chalumeau, même oxyacétylénique, le spectre que nous venons de décrire. L'alumine, avec une pose assez longue, donne seulement, très faibles et filiformes, les deux raies ultimes H′ et K′.

La production du spectre de l'aluminium dans le chalumeau paraîtrait donc réservée à l'aluminium libre, ou à ses composés haloïdes, mais les spectres de divers minéraux rendent la question plus difficile à résoudre.

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, certains minéraux riches en fluor comme la topaze ou la cryolite montrent au chalumeau ce spectre complet de l'aluminium, c'est-à-dire les six bandes, y compris la nouvelle, et les fortes raies H′ et K′. Un grand nombre d'espèces riches en alumine, à plus de 20 pour 100, ne donnent au contraire aucune réaction spectrale de l'aluminium dans les mêmes conditions. On pouvait alors supposer que seuls les minéraux contenant une certaine quantité de fluor ou de chlore seraient capables de donner au chalumeau les raies et bandes de l'aluminium; l'étude des micas et des tourmalines aiderait à résoudre cette question. Un certain nombre de micas de Madagascar, que je devais à l'obligeance de M. Alfred Lacroix, ont été, ainsi que d'autres micas français, soumis au même examen.

Les biotites, les phlogopites, les zinnwaldites, les lépidomélanes ne donnent ni bandes, ni raies de l'aluminium. Seule, la zinnwaldite d'Anta-

---

(1) *Astrophys. Journ.*, t. XIV, juillet 1901.

(2) *Astrophys. Journ.*, t. XXXIV, septembre 1911.

(3) *Zeitschr. f. wiss. Photogr.*, t. XIII, novembre 1913.

boaka montre faiblement H′ et K′. Les lépidolites les donnent un peu plus visibles, mais toujours sans aucune bande. En revanche, toutes les muscovites examinées de quelque provenance que ce soit, y compris les micas dits *palmés* et les micas blancs des pegmatites des Pyrénées, montrent, bien développé, tout le spectre de l'aluminium, raies et bandes. Les espèces minérales voisines des muscovites, la margarite, la paragonite, la damourite, la hallerite, la cossaïte, se comportent de même. Parmi les minéraux non fluorifères, la paragonite et la cossaïte sont ceux qui montrent avec le plus d'intensité le spectre de l'aluminium tel que nous l'avons décrit.

Ce spectre se montre encore dans certaines tourmalines noires, celles des pegmatites des Pyrénées par exemple, où les bandes diffuses de l'anhydride borique n'arrivent pas à masquer les arêtes des bandes Alα, Alβ, et même Al4471. En revanche, elles sont absentes des spectres des tourmalines vertes et roses et de la rubellite, de Madagascar, qui ne présentent même pas H′ et K′.

Parmi les feldspaths, les microclines seuls donnent H′ et K′, bien marquées, presque fortes dans les microclines de Maharitra et d'Antaboaka (Madagascar). Une seule orthose, la pierre de lune de Ceylan, montre, à peine visible, H′, qui est la dernière à disparaître.

J'ai recherché, avec les précautions recommandées dans les plus récents travaux, des traces de fluor par le procédé de l'action corrosive des vapeurs sur le verre et n'en ai trouvé aucune trace dans les minéraux qui donnent le spectre de l'aluminium le plus développé, c'est-à-dire la damourite, la hallerite et la cossaïte. Au contraire ce dernier minéral a dégagé un gaz légèrement alcalin.

L'explication de la présence ou de l'absence du spectre de flamme de l'aluminium dans les minéraux me semble devoir être cherchée dans leur formule de constitution, encore si incertaine pour ne pas dire inconnue, en supposant que certains atomes d'aluminium n'y sont pas directement liés à l'oxygène, hypothèse bien hasardée que je me borne à mentionner ici.

M. Verschaffel présente à l'Académie le Tome XII des *Observations méridiennes* faites à l'Observatoire d'Abbadia en 1912.

Ce Tome contient 10760 observations.

Sur ce nombre, 2300, réduites à 1900,0, se rapportent à la zone photographique d'Alger, et 8460, réduites à 1913, à la zone photographique de San-Fernando.

Ces dernières observations seront réduites à 1900,0 quand toutes les observations seront faites. Ce sera une économie de temps appréciable.

M. J. DE SCHOKALSKY, professeur à l'Académie navale, à Saint-Pétersbourg, général-lieutenant de la Marine impériale russe, présente à l'Académie l'original de la *Carte hypsométrique de l'Empire russe et de toute la partie de l'Asie centrale à l'échelle de* $\frac{1}{12600000}$. Les courbes d'égales hauteurs sont établies à l'échelle métrique suivante : au-dessous du niveau de l'Océan, depuis ce niveau jusqu'à 200^m, de 200^m-500^m, de 500^m-1000^m, de 1000^m-1500^m, de 1500^m-2000^m, de 2000^m-3000^m et ainsi de suite de 1000^m en 1000^m. L'auteur attire l'attention de l'Académie sur la grande plaine de l'Eurasie qui s'étend à travers toute la partie nord-ouest de la Carte, à peine interceptée par les monts Ourals presque rasés par l'érosion. Cette plaine s'arrête au fleuve de Jenissei où commencent les premières hauteurs qui, plus à l'Est, transforment la Sibérie en un vrai pays de montagnes, qui occupe toute la contrée au delà du fleuve de Léna jusqu'aux confins de l'Asie au détroit de Behring. On voit bien sur la Carte que la séparation de cette plaine et du bassin intérieur de l'Asie russe (mers Caspienne et d'Aral) est peu élevée et peu large. On voit aussi très bien que la dépression centrale de l'Asie, l'oasis de Louktchoun (trouvée par les voyageurs russes : colonel Pettrof et M. Groum-Grjinailo) se rattache presque à cette plaine de l'Asie centrale russe. Cette Carte va être publiée très prochainement.

M. J. DE SCHOKALSKY présente également les résultats des nouvelles *découvertes faites par les officiers hydrographes russes des terres nouvelles au nord de la presqu'île de Taïmïr*. Toute la côte de Sibérie à partir du cap Dejnef jusqu'à la presqu'île de Taïmïr fut levée à nouveau par une expédition hydrographique composée de deux bateaux brise-glaces ; cette année la tâche de cette expédition consista dans le lever des côtes de la presqu'île de Taïmïr qui figurait encore sur les cartes actuelles d'après les levers de la Grande expédition du Nord (1736-1746). Les deux navires arrivèrent à lever toute cette côte jusqu'au cap Tcheluskin (77°40'); un des bateaux arriva de l'île de Bennet en suivant un grand cercle, sans avoir rencontré de glaces; mais le cap Tcheluskin fut entouré de glaces non brisées depuis le printemps, ce qui obligea les navires à remonter vers le Nord, où, à la distance de 30 milles marins, on découvrit une île longue et étroite qu'on contourna de l'Est et, marchant dans la direction du NW, l'expédition,

à une trentaine de milles marins, découvrit une île haute, avec des glaciers, qu'elle longea durant 200 milles jusqu'à sa partie septentrionale, où l'on débarqua pour obtenir un point astronomique et hisser le pavillon russe. La latitude fut de 80°4' et la longitude de 97° 12' est de Greenwich. Revenue au cap Tcheluskin pour se frayer un passage à l'Ouest, parce que les glaces ne permirent pas de contourner la nouvelle terre même quand les navires remontèrent jusqu'à 81°; on trouva au cap la glace intacte et l'on a dû retourner à l'Est faisant route ensemble et de nouveau par le grand cercle jusqu'à l'île Bennet qui fut levée et visitée par l'expédition, qui y embarqua les collections du regretté baron de Toll. De là la route fut obstruée par les glaces jusqu'à la côte de Sibérie.

Pendant le voyage de l'aller on a découvert encore une petite île au large de l'île de la Nouvelle-Sibérie à la distance d'une trentaine de milles au nord-est de celle-ci.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un vice-président pour l'année 1914.

M. **Edmond Perrier** réunit la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de deux de ses Membres qui devront faire partie de la Commission administrative pendant l'année 1914.

MM. **Émile Picard** et **Zeiller** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un de ses Membres qui devra faire partie de la *Commission consultative des séries artistiques dans les forêts domaniales* au Ministère de l'Agriculture.

M. **Tisserand** réunit la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **P. Duhem**, élu à la sixième place de Membre non résident, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

M. **O. Backlund**, président du Bureau de l'*Association internationale des Académies*, informe l'Académie de l'admission, dans l'Association, de la *Royal Society of Edinburgh* et de la *Societas scientiarum Fennica*, à Helsingfors, ce qui porte à 24 le nombre des Académies associées.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire de *Chimie appliquée aux industries des chaux et ciments, céramique et verrerie*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers par le décès de M. *Verneuil.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Études sur la flore du Katanga*, par Em. De Wildeman.

2° J. Effront. *Les catalyseurs biochimiques*.

3° Louis Roule. *Traité de la pisciculture et des pêches*. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

4° Philippe Glangeaud. *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme : 4. La chaîne des Puys*. (Présenté par M. P. Termier.)

5° Le Tome III (3e partie) de la traduction de *La face de la Terre* de Ed. Suess, par Em. de Margerie. (Présenté par M. P. Termier.)

6° C.-L. Istrati. *Studiu relativ la o nomenclatură generală in Chimia organică*. (Présenté par M. A. Haller.)

MM. **E. Chablay**, **Geynet**, **J. Lefèvre**, **Courtier** et **Violette** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Delavau faite au grand équatorial de l'Observatoire de Bordeaux.* Note de M. ERNEST ESCLANGON.

Date. 1913.	Temps moyen de Bordeaux.	Δα.	Δδ.	Nombre de comp.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Déc. 19...	10. 0.54,6	−4.43,57	+8. 6,2	20: 5	3. 1.42,03	+$\bar{2}$,972	−7.15. 6,2	−0,843

Position moyenne de l'étoile de comparaison.

α 1913,0.	Réduction au jour.	δ 1913,0.	Réduction au jour.	Autorité.
h m s	s	° ′ ″	″	
3. 6.21,48	+4,12	−7.23.31,3	+18,9	A.G. Wien-Ottakring, 728

La comète, de grandeur 11,0 environ, se présente sous la forme d'une nébulosité de 30″ de diamètre, le noyau restant assez peu distinct.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Delavau* (1913 *f*), *faite à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. J. GUILLAUME, présentée par M. B. Baillaud.

Date. 1913.	Temps moyen de Lyon.	Δα.	Δδ.	Nombre de comp.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Déc. 19.....	6.49,37	−0. 7,78	− 3.15,4	10:12	3. 1.49,63	−9,379	− 7.15.54,0	+0,836	*a*

Position des étoiles de comparaison.

★.	α moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a......	3. 1.53,31	+ 4,10	−7.13. 1,1	+22,5	Anonyme 10ᵉ, rapportée à *b*
b......	3. 0. 5,94	»	−7.12. 2,3	»	A.G. Wien-Ott., 696

Remarques. — La définition est très mauvaise et les images instables. La comète, dont les bords sont diffus, est sensiblement circulaire, d'environ une demi-minute d'arc, avec condensation centrale et apparence de noyau stellaire de 13ᵉ grandeur; l'éclat total est de 11ᵉ grandeur.

Par suite d'un accident dans l'éclairage de l'instrument, l'étoile de comparaison n'a pu être rapportée à l'étoile *b* que par un seul passage.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète (1913 f) Delavau, faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la tour de l'Est de* $0^m,38$ *d'ouverture).* Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Paris.	ΔAR.	Δδ.	Nombre de compar.	AR apparente.	Log. fact. parallaxe.	δ apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Déc. 19.....	7.11.22	+1.38,89	−4. 7,3	12: 8	3. 1.48,92	$\bar{1},290_n$	−7.15.50,4	0,859	*a*
» 19.....	9.38.25	+1.33,44	−3.29,1	9: 6	3. 1.43,47	$\bar{2},675$	−7.15.12,2	0,865	*a*
» 20.....	10.18.31	+0.39,70	+2.34,0	12: 5	3. 0.49,73	$\bar{1},089$	−7. 9. 9,2	0,862	*a*

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	AR 1913,0.	Réduction au jour.	δ 1913,0.	Réduction au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a.......	9,0	3. 0. 5,94	+4,09	−7.12. 2,2	+19,1	Wien-Ottakring, 696
a.......	»	»	+4,09	»	+19,1	Id.
a.......	»	»	+4,09	»	+19,0	Id.

Pendant ces observations, le ciel était brumeux et la comète se distinguait à peine. Son étendue était de 15″ à 20″ et le noyau avait l'éclat d'une étoile de 13e grandeur. Pas de queue.

ASTRONOMIE. — *Observations de la nouvelle comète 1913 f (Delavau), faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé de* $0^m,33$ *d'ouverture.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Besançon.	ΔAR.	ΔP.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Déc. 19..	6.49. 4	+1.40,13	+ 4.15,9	12: 9	3. 1.50,17	$9,369_n$	97.15.59,1	$0,847_n$	1
» 19..	7.48.37	+1.38,13	+ 4. 1,7	12: 9	3. 1.48,17	$9,151_n$	97.15.44,9	$0,853_n$	1
» 20..	6.24.56	+0.48,67	− 1.32,1	12: 9	3. 0.58,70	$9,417_n$	97.10.11,2	$0,844_n$	2
» 20..	7.25.29	+0.46,49	− 1.47,4	12: 9	3. 0.56,52	$9,234_n$	97. 9.55,9	$0,850_n$	2

Positions des étoiles de comparaison pour 1913,0.

★.	Gr.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	9,0	3. 0. 5,94	+4,10	97.12. 2,3	−19,1	A.G. Wien-Ottakring, 696
2.....	»	»	+4,09	»	−19,0	Id.

Remarques. — Cette comète se présente comme une petite nébulosité, ronde, ayant au maximum 25″ de diamètre et brillant d'un éclat qui peut être compris entre les grandeurs 11 et 11,5. Une condensation assez lumineuse par instant avoisine le centre. Absence de queue.

Pendant la première série de mesures du 19 décembre, un vent modéré, du Nord-Est, secoue l'équatorial coudé et les images sont un peu plus agitées. Pour la deuxième série, la lunette étant mieux abritée, les images sont plus calmes.

ASTRONOMIE. — *Extension d'une théorie de Faye et application au mode de formation du système planétaire.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Dans ses *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, H. Poincaré a montré qu'en partant de l'hypothèse de Laplace, on est obligé d'admettre la condensation solaire presque complète avant la formation des anneaux planétaires. Mais Laplace avait indiqué qu'avant cette phase de condensation du Soleil, il avait dû ressembler à une nébuleuse sans condensation centrale appréciable. Si, dans cette longue préhistoire du Soleil, les planètes ont trouvé des circonstances favorables à leur formation, il devient inutile de chercher avec Laplace, dans une phase postérieure à la condensation du Soleil, l'origine du système planétaire.

Faye a ébauché (*Comptes rendus*, mars 1880) une théorie de la condensation du Soleil primitif dans laquelle il considère une nébuleuse sphérique de rayon R où la densité ρ des couches successives varie avec le rayon r suivant la loi déjà utilisée par Roche, Maurice Lévy et Lipschitz :

$$(1) \qquad \rho = \rho_0\left[1 - K\left(\frac{r}{R}\right)^n\right] \qquad (\rho_0 \text{ densité au centre}).$$

Si les couches sphériques de densité ρ ont une rotation qui équilibre l'attraction centrale, Faye observe qu'il y a une couche à vitesse tangentielle maxima de rayon r_m

$$\left(\frac{r_m}{R}\right)^n = \frac{2(n+3)}{3K(n+2)}.$$

On peut compléter et généraliser la théorie de Faye. Dans cette nébuleuse sphérique, il y a aussi une couche qui contient le plus de matière et dont le rayon r_M est donné par l'expression

$$\left(\frac{r_M}{R}\right)^n = \frac{2}{K(n+2)}.$$

Comparant r_m et r_M, il vient

$$r_m = r_M\left(1+\frac{n}{3}\right)^{\frac{1}{n}}. \qquad (2)$$

D'après (1) il faut donner à n une valeur fractionnaire assez petite pour que la condensation centrale soit assez prononcée. Par suite, le coefficient de r_M dans (2) diffère peu de $\sqrt[3]{e} = 1,39$. Or, dans le système solaire, $r_M = 5,2$, distance de Jupiter. D'après les idées de Faye, la couche de rayon r_m à vitesse tangentielle maxima sépare, dans la nébuleuse, la région des rotations directes de celle des rotations rétrogrades; r_m peut donc être pris égal à la moyenne 14,3 des distances d'Uranus et de Saturne. Le rapport de r_m à r_M serait donc 2,75 et non 1,39 dans le système solaire. Ainsi la formule (2) ne paraît pas convenir à ce système.

Mais les couches cylindriques indéfinies douées d'attraction jouissent, comme les couches sphériques, seulement envisagées par Faye, de la propriété d'être sans action sur un point intérieur. Appliquons à des couches cylindriques indéfinies la théorie de Faye en conservant la formule (1).

L'équilibre entre la force centrifuge et l'attraction vers l'axe donnera

$$F = \omega^2 r = \frac{\int_0^r 4\pi\rho_0 r\,dr}{r} = 4\pi\rho_0\left[\frac{r}{2} - \frac{K}{R^n}\frac{r^{n+1}}{(n+2)}\right].$$

Le rayon r'_m de la couche à vitesse tangentielle maxima sera

$$r'_m = R\left(\frac{1}{K}\right)^{\frac{1}{n}}.$$

Le rayon r'_M de la couche contenant le plus de matière sera

$$r'_M = R\left[\frac{1}{K(n+1)}\right]^{\frac{1}{n}},$$

d'où

$$r'_m = r'_M(1+n)^{\frac{1}{n}} = e r'_M \qquad \text{(pour } n \text{ très petit)}.$$

Ainsi le rapport de r'_m à r'_M serait égal à 2,718, c'est-à-dire voisin de celui qu'on peut calculer dans le système solaire. Enfin, cherchons le rayon r_F de la couche où la force centrifuge est maxima; on trouve

$$r_F = R\left[\frac{n+2}{2(n+1)K}\right]^{\frac{1}{n}},$$

d'où

$$r_F = r'_M\left(1+\frac{n}{2}\right)^{\frac{1}{n}} = r'_M\sqrt{e} \qquad \text{(pour } n \text{ très petit).}$$

Ainsi le rapport de r_F à r'_M tend vers 1,648 et l'on a toujours

$$r'_M < r_F < r'_m.$$

La couche de rayon r_F à force centrifuge maxima présente cette particularité que les matériaux lourds en seront expulsés par centrifugation. Or, il est certain qu'à un moment donné le refroidissement dans la nébuleuse produira des vésicules solides ou liquides de petite dimension et contenant surtout les matériaux lourds à l'exclusion des gaz nobles. La force répulsive de radiation équilibrera alors l'attraction sur ces vésicules qui obéiront à la seule force centrifuge. Rencontrant dans leur mouvement radial une moindre résistance que les matériaux légers, ils seront expulsés de la couche r_F. La suite des densités des planètes de la Terre à Neptune

(5,5 — 3,8 — 1,36 — 0,70 — 1,05 — 1,62)

montre que cette séparation des matériaux a eu lieu en effet dans le système solaire et que le rayon r_F diffère peu du rayon d'orbite de Saturne.

Le rapport des distances de Saturne et de Jupiter est 1,84, alors que le rapport trouvé ci-dessus de r_F à r'_M est 1,648.

Mais la région de moindre densité peut être déplacée vers l'extérieur, parce que la pression de radiation est plus forte en dedans du rayon r qu'en dehors.

Il faut remarquer que les couches cylindriques indéfinies à vitesses croissantes jusqu'à la distance r'_m et décroissantes au delà ont la forme typique d'un tube-tourbillon et par là présentent une grande stabilité. Nous avons étudié des formations de ce genre dans notre *Essai de Cosmogonie tourbillonnaire :* et les filaments nébuleux reliant certaines étoiles des Pléiades en donnent une représentation assez satisfaisante.

En résumé, la théorie ci-dessus expliquerait comment le système planétaire présente à la distance de Jupiter une masse maxima, à la distance de Saturne une masse à densité minima et entre Saturne et Uranus une distance séparant les planètes à rotation directe des planètes à rotation rétrograde.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Changements observés dans la nébuleuse de Tuttle, N. G. C. 6643, à l'Observatoire de Marseille, au chercheur de comètes.* Note de M. **Borrelly**, présentée par M. B. Baillaud.

Cette nébuleuse remarquable a été découverte par Tuttle, le 1er septembre 1859. Elle fut observée par d'Arrest et voici ce qu'il en dit dans une lettre du 8 mai 1863 à John Herschell : « La nébuleuse de M. Tuttle était le 24 septembre 1862 si brillante et si remarquable dans le chercheur, que je suis persuadé qu'elle n'a pas été telle du temps de Messier et de votre père et de vos propres observations. »

Elle a été observée par Argelander et se trouve indiquée dans le Tome III du B. D. $+74°766$. Auvers l'a également observée. Plus récemment, M. Bigourdan l'a observée à l'Observatoire de Paris, les 29 juillet 1884, 13 septembre 1890 et 14 septembre 1895 et décrite amplement. Voici ce qu'il en dit à cette dernière date : « ... assez brillante, diffuse, légèrement plus brillante dans la partie centrale où se trouve une condensation peu prononcée.... »

Se trouvant avec un assez grand nombre d'autres objets de même nature accessible avec le chercheur de comètes, elle a été vue dans le cours des recherches exploratives un très grand nombre de fois, depuis 1867. Voici les observations relevées sur les carnets-minutes.

De 1867 à 1879, elle a présenté des fluctuations qui ne paraissent pas devoir être toutes attribuées à l'état du ciel; elle était assez brillante et étendue, facilement observable, de grandeur 10.

De 1889 à 1907, elle diminue sensiblement d'éclat et descend à la 10e-11e grandeur. Le 29 octobre 1908, elle semble un peu plus brillante.

En 1909, elle paraît diminuer légèrement. De 1910 à 1912, elle est faible, mais encore observable au chercheur : grandeur 11. Le 10 juillet 1913, elle est à peine perceptible dans l'instrument; le 26 août, elle est à la limite de la visibilité; le 27 août, elle est inobservable et à peine visible par instants, grandeur 11,5. De l'ensemble de ces observations, il apparaît avec évidence qu'il y a eu changement.

ASTRONOMIE. — *Effet de la dispersion atmosphérique sur le diamètre des astres photographiés.* Note de M. **St. Chevalier**, présentée par M. B. Baillaud.

A l'instigation, et avec les bons conseils de M. Banachiewicz, j'ai voulu

corriger de l'effet de la dispersion atmosphérique les différences : *diamètre polaire moins diamètre équatorial*, trouvées dans mon *Étude photographique des diamètres du Soleil.* Mais, avant tout, il fallait déterminer quelle est la grandeur et même quel est le sens de cet effet. Il serait manifestement imprudent d'appliquer à ces diamètres le coefficient de dispersion atmosphérique, tel qu'il a été déterminé par les recherches de plusieurs savants, en particulier de Kayser et Runge.

Chaque mesure de la différence des deux diamètres donne lieu à une équation de la forme $D_0 = D + A \text{ tang } z (\cos q \sin q)$.

Dans cette équation, D_0 est la différence observée et D la différence vraie, A est le coefficient pratique de dispersion, z la distance zénithale et q l'angle du diamètre polaire avec le diamètre vertical.

Le coefficient de dispersion entre les deux rayons G et H, pour lesquels l'objectif photographique est achromatisé, est sensiblement 0",33; on aurait donc à remplacer A dans la formule par 0",33. Mais il est *a priori* très peu probable que l'image photographiée s'étende jusqu'aux limites des deux disques, imparfaitement superposés, que forment les rayons G et H légèrement séparés par la dispersion. Il est même assez probable qu'elle s'écartera peu du milieu de deux minces croissants qui forment la partie non commune des disques. Seulement, il est impossible de fixer la grandeur, ni même le sens de cet écart.

Heureusement, les mesures de nos photogrammes, au nombre de 1883, nous fournissent les moyens de déterminer la valeur de A. Quand on photographie chaque jour le Soleil, 1 heure et demie à 2 heures après son lever, la valeur de q et celle de z varient beaucoup au cours d'une année, et avec elles celle du coefficient de A. Après avoir calculé nos 1883 coefficients et formé autant d'équations de condition, nous les avons disposées, d'après la grandeur du coefficient de A, en 7 groupes, et les moyennes de chaque groupe ont donné les 7 équations suivantes :

Coefficient de A.	$D_p - D_{eq}$ observé.			$(D_p - D_{eq}) \text{ tang } z (\cos q - \sin q)$.		Nombre.
$C > 0,800$	+0",525	=	D	+	0,9365 A	179
$0,800 > C > 0,300$	+0,216	=	D	+	0,5763 A	275
$0,300 > C > 0,000$	+0,273	=	D	+	0,1426 A	173
$0,000 > C > -0,300$	+0,354	=	D	−	0,1451 A	223
$-0,300 > C > -0,800$	+0,261	=	D	−	0,5713 A	326
$-0,800 > C > -1,500$	+0,033	=	D	−	1,1368 A	469
$-1,500 > C$	−0,048	=	D	−	1,8023 A	238

En donnant à chacune de ces équations un poids proportionnel au nombre des observations du groupe, et résolvant par la méthode des moindres carrés, on obtient $D_p - D_{eq} = +0'',26$ et $A = +0'',17$.

L'effet de la dispersion atmosphérique sur le diamètre vertical d'un astre photographié est donc environ la moitié de la dispersion elle-même.

Comme il ne serait pas légitime d'appliquer cette conclusion à des conditions trop différentes des nôtres, nous formulerons nos résultats dans l'énoncé suivant : *Quand on photographie un astre, à diamètre sensible, avec un objectif achromatisé pour les rayons* G *et* H, *sur plaque au gélatinobromure d'argent, et que la pose et le développement sont conduits de façon à obtenir des bords francs, sans que le centre perde la transparence nécessaire pour bien laisser voir les détails de la surface, le diamètre vertical de l'astre est augmenté par la dispersion atmosphérique d'une quantité égale à* $0'',17 \tan z$.

Je ferai remarquer en terminant que cette étude de la dispersion atmosphérique, loin de diminuer l'excès du diamètre polaire sur le diamètre équatorial trouvé précédemment, l'augmente sensiblement et paraît bien en confirmer la réalité.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes algébriques à torsion constante.* Note de M. **Georges Darmois.**

Soient C une courbe algébrique à torsion constante τ, lieu du point (X, Y, Z), Γ l'indicatrice sphérique des binormales, lieu du point (α, β, γ). Si l'on pose

$$\alpha = \frac{1 - xy}{x - y}, \qquad = \frac{i(1 + xy)}{x - y}, \qquad \gamma = \frac{x + y}{x - y},$$

la courbe C sera donnée par les formules

$$X + iY = 2\tau i \mathfrak{J}_1, \qquad X - iY = -2\tau i \mathfrak{J}_2, \qquad Z = -2\tau i \mathfrak{J}_3.$$

$$\mathfrak{J}_1 = \int \frac{y^2\,dx + x^2\,dy}{(x - y)^2}, \qquad \mathfrak{J}_2 = \int \frac{dx + dy}{(x - y)^2}, \qquad \mathfrak{J}_3 = \int \frac{y\,dx + x\,dy}{(x - y)^2}.$$

Les trois intégrales $\mathfrak{J}_1$, $\mathfrak{J}_2$, $\mathfrak{J}_3$ sont attachées à une courbe algébrique et doivent être algébriques. Une condition nécessaire est qu'elles soient dépourvues des singularités logarithmiques que peuvent introduire les points à l'infini de l'indicatrice, et cette condition est suffisante dans la recherche des courbes C unicursales.

L'étude de ces points à l'infini sera faite sur l'une des deux formes suivantes d'équations :

$$(1)\qquad \begin{cases} x = \sum_{h=1}^{+\infty} a_h t^h, \\ y - x = t^n. \end{cases}$$

$$(2)\qquad \begin{cases} x + y = \sum_{h=1}^{+\infty} a_h t^{2h}, \\ y - x = \dfrac{t^{2m+1}}{2}. \end{cases}$$

Les équations (1) ou (2) conviennent à la détermination d'une courbe C possédant à l'infini un point comptant pour p, si l'on a l'un ou l'autre des systèmes :

$$n = \frac{p+1+k}{2}, \quad a_1 = a_2 = \ldots = a_k = 0, \quad a_{k+1} \neq 0, \quad k \leqq p - 1;$$

$$2m + 1 = p + 1 + k, \quad a_1 = a_2 = \ldots = a_k = 0, \quad a_{k+1} \neq 0, \quad k \leqq p - 1.$$

On peut ainsi fixer le degré et les points à l'infini de Γ, quand on s'est fixé la nature des points à l'infini de C.

Si l'on considère alors les équations (1), on peut énoncer le résultat général suivant, qui suppose a_1 différent de zéro :

La condition nécessaire et suffisante pour que le point à l'infini considéré n'introduise pas dans les intégrales δ_1, δ_2, δ_3 de singularités logarithmiques est que l'indicatrice ait en ce point $3n$ points confondus, communs avec la courbe d'équation

$$x^n - (y-x)(a_1^n + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2 + \ldots + \lambda x^{n-2} + \mu x^{n-1}) \\ + (y-x)^2 \left[\beta_0 + \beta_1 x + \ldots + \lambda(\mu+1) x^{n-3} + \frac{\mu(\mu+1)}{2} x^{n-2} \right] = 0.$$

Cette courbe dépend de $n - 3$ paramètres.

Ce résultat se complète par les énoncés spéciaux à $n = 1$, $n = 2$, remarquables d'ailleurs par leur simplicité : donnons-les sous une forme géométrique :

1° Il faut et il suffit que l'indicatrice ait comme tangente stationnaire une génératrice rectiligne de la sphère;

2° Il faut et il suffit que l'indicatrice ait un contact du cinquième ordre avec une certaine parabole sphérique.

Cette parabole, section de la sphère par un plan isotrope, est celle qui fut rencontrée par M. Lyon dans sa thèse. C'est l'indicatrice de la cubique gauche à torsion constante.

Envisageons maintenant les équations (2) et supposons encore α_1 différent de zéro. La condition nécessaire et suffisante pour que le point à l'infini considéré n'introduise pas dans les intégrales $\mathfrak{z}_1$, $\mathfrak{z}_2$, $\mathfrak{z}_3$ de singularités logarithmiques, est que l'indicatrice ait en ce point $4n+2$ points confondus communs avec la courbe d'équation

$$X^{n+1} - Y^2\left[a_1^{2n+1} + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 + \ldots + \alpha_{2n-3}X^{2n-3} + \frac{2n+1}{2}X^{2n-1}\right] = 0,$$
$$X = x+y, \qquad Y = x-y.$$

On peut donner dans chaque cas des énoncés de forme analogue. Donnons ici celui qui est relatif à la valeur la plus grande de l'entier k, soit $p-1$.

Il faut et il suffit que l'indicatrice ait $p(p+2)$ points confondus communs avec la courbe d'équation

$$x^p = a_{p+1}^p(y-x)^{p+1} + \alpha_1 x(y-x)^p + \alpha_2 x^2(y-x)^{p-1} + \ldots + \alpha_{p-2}x^{p-2}(x-y)^3.$$

Ces résultats fournissent sans effort une infinité de courbes unicursales nouvelles, donnent par une méthode régulière toutes celles qui n'ont à l'infini que deux points distincts, avec de précieuses indications sur les courbes algébriques les plus générales.

Si l'on cherche, par exemple, toutes les indicatrices de degré m, ayant m points distincts à l'infini, il faudra qu'en tous ces points, une génératrice rectiligne de la sphère soit tangente stationnaire. Supposons que p de ces droites appartiennent à un système de génération, q appartenant à l'autre $(p+q=m)$:

1° $p \geqq 3$, $q \geqq 3$.

Ces courbes n'existent pas au-dessous du sixième degré.

2° Le genre g doit satisfaire à l'inégalité suivante, où p est supposé plus grand que q :

$$g \geqq p - q + 1.$$

Le minimum du genre est donc l'unité, et ce minimum ne saurait être atteint que pour des courbes de degré pair.

La plus simple de ces courbes sera, si elle existe, la courbe de genre 1, dont l'équation serait de la forme

$$(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)(y-x_4)(y-x_5)(y-x_6) = k(y-x)^3.$$

Signalons aussi une conséquence intéressante des propositions générales : Il n'existe pas de courbe algébrique du quatrième degré à torsion constante.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux à invariants égaux et à suite de Laplace périodique.* Note de M. TZITZÉICA.

Les méthodes que j'ai employées dans une dernière Note (*Comptes rendus*, novembre 1913) pour déduire d'un réseau à suite de Laplace périodique d'autres réseaux jouissant de la même propriété, ne s'appliquent plus aux réseaux à invariants égaux. Elles donnent encore des réseaux à suite périodique, mais ceux-ci ne sont plus nécessairement, comme les réseaux initiaux, à invariants égaux. J'ai été ainsi conduit à chercher une autre méthode, que je vais exposer sommairement dans ce qui suit.

1. Soit (x) un réseau à invariants égaux, identique à son $n^{\text{ième}}$ transformé de Laplace (x_n). Notons, pour abréger, par $[x]$ la suite de réseaux $(x), (x_1), (x_2), \ldots$. Considérons maintenant un réseau (ξ) dont la suite $[\xi]$, périodique ou non, est circonscrite à la suite $[x]$. On a des méthodes régulières pour définir tout réseau (ξ) répondant à cette question. Cela étant, prenons le conjugué harmonique x' de x par rapport à $\xi\xi_1$. D'après un théorème bien connu de M. Kœnigs, le point x' décrit un réseau à invariants égaux, dont la suite $[x']$ est, comme $[x]$, inscrite dans la suite $[\xi]$. Pour que la suite $[x']$ soit périodique et qu'on ait (x'_n) identique à (x'), il est visiblement nécessaire qu'il en soit de même de $[\xi]$; mais cette condition nécessaire n'est pas toujours suffisante.

2. Pour distinguer les cas où la condition précédente est ou n'est pas suffisante, je suis obligé d'entrer, très succinctement d'ailleurs, dans quelques détails.

Soit

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} = hx, \qquad x_n = mx \qquad (m = \text{const.}),$$

le système qui définit le réseau (x). J'ai d'abord démontré que le réseau (ξ) peut être déterminé par l'expression

$$\xi = R_n x - R_{n-1} x_1 + R_{n-2} x_2 - \ldots + (-1)^{n-1} R_1 x_{n-1},$$

où R est une solution du système

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 R}{\partial u\, \partial v} = hR, \qquad R_n = \mu R \qquad (\mu = \text{const.}),$$

intégrable en même temps que (1) et ayant par conséquent n solutions linéairement distinctes; $R_1, R_2, \ldots, R_n$ étant les transformées successives de Laplace de la solution R. J'ai étudié séparément le cas $n = 2p + 1$, $n = 2p$. Dans le premier cas, on peut prendre

$$x' = \frac{\mu - m}{2} Rx - R_{2p} x_1 + R_{2p-2} x_2 - \ldots + R_1 x_{2p},$$

et l'on démontre que, quelle que soit la solution R de (2), le réseau (x'_{2p+1}) est identique à (x'). Par conséquent, dans ce cas la condition est suffisante. J'avais déjà résolu ce problème pour le cas $n = 3$, à l'occasion de l'étude des transformations des surfaces S (*Comptes rendus*, 18 avril 1910).

Dans le second cas ($n = 2p$), on a

$$x' = \frac{\mu + m}{2} Rx - R_{2p-1} x_1 + R_{2p-2} x_2 - \ldots - R_1 x_{2p-1},$$

et l'on démontre que le réseau (x'_{2p}) n'est identique à (x') que dans le cas où l'on a la relation

$$(3)\qquad RR_{2p} - R_1 R_{2p-1} + R_2 R_{2p-2} - \ldots + R_{2p-2} R_2 - R_{2p-1} R_1 = \theta = 0.$$

Si la solution R du système (2) est quelconque, on a $\theta \neq 0$; mais, si l'on tient compte du système (2), on trouve aisément

$$\frac{\partial \theta}{\partial u} = 0, \qquad \frac{\partial \theta}{\partial v} = 0,$$

c'est-à-dire $\theta =$ const. En prenant alors l'intégrale générale

$$R = \Sigma c^{(i)} R^{(i)} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2p)$$

du système (2), on aura

$$\theta = c,$$

où c dépendra *effectivement* des constantes $c^{(i)}$, que l'on pourra par conséquent déterminer de manière que l'on ait $c = 0$. On obtiendra ainsi des réseaux (x') à invariants égaux et à suite périodique. J'ai déjà employé cette méthode dans le cas particulier de $n = 4$ (*Bulletin de la Section scientifique de l'Académie roumaine*, juin 1913).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes fermées à torsion constante.* Note de M. **B. Hostinsky**, présentée par M. Émile Picard.

Soit

$$\frac{dx_k}{dt} = a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \ldots + a_{kn}x_n \qquad (k = 1, 2, \ldots n) \tag{1}$$

un système d'équations différentielles linéaires, où les coefficients a_{kl} sont fonctions réelles de la variable indépendante t et d'un paramètre μ. On suppose : 1° que ces fonctions sont continues et périodiques avec la période ω par rapport à la variable t; 2° qu'elles sont développables en séries entières de la variable μ et convergentes pour toute valeur de μ; 3° que, pour $\mu = 0$, toute solution du système (1) est périodique avec la période ω.

Un système fondamental de solutions pour $\mu = 0$:

$$x_1 = \varphi_{i1}(t), \qquad x_2 = \varphi_{i2}(t), \ldots, \qquad x_n = \varphi_{in}(t) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \tag{2}$$

étant donné, le déterminant du $n^{\text{ième}}$ degré formé au moyen des fonctions (2) n'est pas nul pour chaque t; attribuons à t une telle valeur t_0 que la valeur correspondante du Δ_0 du déterminant soit différente de zéro.

Faisons croître le paramètre μ d'une manière continue à partir de la valeur $\mu = 0$. A chaque solution (2) correspond une nouvelle solution périodique dont les valeurs initiales pour $t = t_0$ sont fonctions continues de μ (voir Poincaré, *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. I, n° 36, ou le *Traité d'Analyse* de M. Picard, 2e édit., t. III, p. 167). On obtient ainsi n solutions du système (1).

Le déterminant formé au moyen des valeurs initiales pour $t = t_0$ est lui-même une fonction continue de μ qui se réduit à Δ_0, si $\mu = 0$; donc il ne peut être nul, pourvu que la valeur absolue de μ soit assez petite. Dans cette hypothèse, les nouvelles solutions forment encore un système fondamental. Toute solution satisfaisant à (1) sera périodique avec la période ω.

Mais on peut aller plus loin et démontrer que cette propriété subsiste pour μ quelconque.

Une fonction qui satisfait aux équations (1), déterminée par certaines valeurs initiales numériques, s'exprime par une série

$$x = \sum_{m=0}^{\infty} b_m(t).\,\mu^m, \tag{3}$$

convergente pour toute valeur de μ (voir la démonstration de M. Picard, *loc. cit.*, t. III, p. 89). Écrivons la condition que le second membre de (3) soit une fonction périodique de t avec la période ω, μ étant assez petit en valeur absolue; on trouve que tous les b_k doivent être périodiques. Donc, *toute solution du système* (1) *pour* μ *quelconque est périodique avec la période* ω.

Désignons par C une courbe gauche sans point singulier à torsion constante τ; soit C′ une autre courbe à torsion constante $(\tau+\mu)$. Supposons qu'on peut déduire C′ de C par une déformation qui n'altère pas la courbure ρ.

Si la courbe C *est fermée*, C′ *l'est en même temps*. Pour démontrer ce théorème, remarquons d'abord que ρ sera une fonction continue et périodique de l'arc s; la période ω est égale à la longueur totale de C.

Le système différentiel

$$(4)\quad \frac{dx_1}{ds}=x_2,\qquad \frac{dx_2}{ds}=\rho x_3,\qquad \frac{dx_3}{ds}=-\rho x_2-(\tau+\mu)x_4,\qquad \frac{dx_4}{ds}=(\tau+\mu)x_3$$

admet les quatre solutions suivantes : une première solution

$$x_1=\alpha,\qquad x_2=0,\qquad x_3=0,\qquad x_4=0,$$

α étant une constante différente de zéro; une deuxième solution

$$x_1=x,\qquad x_2=a,\qquad x_3=b,\qquad x_4=c,$$

x étant la première coordonnée cartésienne d'un point sur C′ et a, b, c désignant les cosinus directeurs de la tangente, de la normale principale et de la binormale de C′ par rapport à l'axe Ox. Enfin, on déduit la troisième et la quatrième solution de la deuxième en substituant Oy ou Oz au lieu de Ox.

Le déterminant des quatre solutions précédentes est égal à α; on en conclut que, dans le cas particulier où il s'agit de la courbe fermée C ($\mu=0$), chaque solution du système (4) est périodique.

On voit que ce système satisfait aux conditions énoncées au commencement de cette Note; par conséquent toute solution du système (1), pour μ quelconque, sera périodique, c'est-à-dire que C′ sera fermée.

Les considérations précédentes ne s'appliquent pas au cas où la variable s ne figure pas explicitement dans les coefficients du système (4). Dans ce cas exceptionnel, la courbure ρ est constante; si C est un cercle, C′ est une hélice ordinaire.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la multiplication complexe.* Note de M. A. CHATELET, présentée par M. Émile Picard.

J'ai indiqué, dans de précédentes publications [1], l'intérêt que présente, pour une certaine représentation des nombres algébriques, la réduction d'une substitution linéaire à sa forme canonique. Cette même réduction permet de poser, de façon générale, le problème de la multiplication complexe des fonctions périodiques et met en évidence ses relations avec les nombres algébriques.

1. Soit une fonction de n variables imaginaires x_i, ou un système de fonctions, admettant $2n$ périodes simultanées et indépendantes (fonctions entièrement périodiques de M. Esclangon) et considérons le Tableau P dont les n premières colonnes constituent une matrice de base du module des périodes, et dont les n dernières colonnes soient les imaginaires conjuguées des premières [$\Delta(P) \neq 0$, puisque les périodes sont indépendantes].

Une *multiplication complexe* consiste à faire sur les x_i une substitution, soit U, tableau d'ordre n. Cette opération multiplie *à droite* par U la matrice des périodes et remplace P par

$$P \times \begin{pmatrix} U & O \\ O & \overline{U} \end{pmatrix}, \quad \overline{U} \text{ imaginaire conjugué de } U.$$

Le problème se pose alors ainsi : Dans quel cas les nouvelles périodes appartiennent-elles au module des anciennes? Ou, dans quel cas existe-t-il un tableau à termes entiers Σ tel que

$$P \times \begin{pmatrix} U & O \\ O & \overline{U} \end{pmatrix} = \Sigma \times P \qquad \text{ou} \qquad P \times \begin{pmatrix} U & O \\ O & \overline{U} \end{pmatrix} \times P^{-1} = \Sigma.$$

Si l'on remplace U par la forme canonique, on met aussi Σ sous sa forme canonique; on voit alors la relation avec les entiers algébriques.

2. Dans le cas de $n = 1$, la forme précédente est, sans plus de modifications, la forme canonique de Σ. En supposant les fonctions analytiques et uniformes et en s'appuyant sur les résultats que j'ai établis ailleurs, on

[1] *Comptes rendus*, 21 novembre 1910, 19 février 1911; *Leçons sur la théorie des nombres*, Paris, 1913.

retrouve les propriétés de la multiplication complexe des fonctions elliptiques. La base des périodes, ou plus exactement le Tableau P, doit être *à une dilatation près*, la base d'un idéal d'un *anneau* d'un corps quadratique imaginaire. Les multiplicateurs U, qui sont alors des nombres, sont tous les entiers complexes de cet anneau. Il y a autant de classes de fonctions elliptiques de même rapport de périodes (P défini à une dilatation près), admettant un anneau donné de multiplicateurs que de classes d'idéaux dans cet anneau (les bases des idéaux d'une même classe se déduisent de l'une d'elles par dilatation).

3. Pour le cas $n = 2$, il est naturel de s'occuper plus spécialement des fonctions abéliennes. Mais pour de telles fonctions, il existe une relation entre les périodes qu'on peut écrire symboliquement, dans le cas général :

$$\| \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \| \times \mathrm{S} \times \begin{Vmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \end{Vmatrix} = 0,$$

S étant un tableau symétrique gauche, d'ordre 4, à termes entiers.

Si l'on cherche les U qui peuvent être mis sous la forme canonique générale $\mathrm{U} = \mathrm{V} \times [\eta, \eta'] \times \mathrm{V}^{-1}$, les nombres η, η', $\overline{\eta}$, $\overline{\eta'}$ sont quatre entiers conjugués du quatrième ordre, qui peuvent devenir du deuxième si deux d'entre eux sont égaux. Mais, si l'on tient compte de la relation ci-dessus, on voit que le groupe du corps des η (quand ce corps est de degré 4) est seulement d'ordre 8. Les η sont donc *biquadratiques* et leur corps contient un corps du second degré k. Donc, parmi les multiplications complexes (si elles existent) d'un système de fonctions abéliennes, il y en a une infinité dont les racines de l'équation en λ sont des nombres quadratiques. En discutant la nature de ce corps k et du corps biquadratique qui en dérive peut-être, on retrouve les différents cas de multiplication indiqués par M. Humbert dans son important Mémoire du *Journal de M. Jordan* (1900), pour une forme particulière de S. On trouve en outre, pour chacun d'eux, des résultats intéressants sur les bases des périodes et les multiplicateurs, résultats qui, dans un cas, généralisent les propriétés des fonctions elliptiques.

4. Si le corps k est imaginaire, on obtient, soit le cas *elliptique* (une fonction elliptique admet les périodes considérées), soit une cir-

constance incompatible avec l'inégalité fondamentale que doivent vérifier les périodes.

Si k est réel, la base des périodes est nécessairement de la forme

$$A \times \begin{Vmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda' \\ \mu & 0 \\ 0 & \mu' \end{Vmatrix} \times X;$$

les colonnes de A sont formées de nombres de k, les deuxième et quatrième étant respectivement conjuguées, dans k, des première et troisième. Les λ, λ', μ, μ' sont des nombres imaginaires *a priori* arbitraires et X est une substitution d'ordre 2 également arbitraire. En adoptant le langage géométrique indiqué par M. Humbert et si ingénieusement employé par M. Cotty, on peut encore dire que les périodes sont formées de deux points pris arbitrairement sur une droite, choisie elle-même arbitrairement dans une certaine congruence *arithmétique*. Les multiplicateurs comprennent alors $X^{-1} \times [\varepsilon, \varepsilon'] \times X$, les ε étant les entiers d'un certain anneau de k, défini à partir de A; si les λ, μ sont arbitraires, il n'y a pas d'autres multiplicateurs.

Pour des valeurs convenables des λ, μ, il existe des multiplicateurs ayant pour racines lambdaïques des nombres biquadratiques imaginaires. La matrice des périodes est alors égale, à un produit près à droite par X, à la base d'un idéal d'un anneau d'un corps biquadratique (relativement quadratique par rapport à k); les multiplicateurs sont $X^{-1} \times [\eta, \eta'] \times X$, les η étant les entiers de l'anneau. Il y aura autant de classes de fonctions abéliennes (définies à une substitution linéaire près sur les variables) que de classes d'idéaux dans l'anneau. Cette extension des propriétés des fonctions elliptiques est bien conforme à la vérité générale, énoncée par M. Cotty dans une récente Note [1] sur les relations entre fonctions abéliennes singulières et corps quadratiques réels.

Enfin, en disposant autrement des λ, μ, on peut avoir, en plus des multiplicateurs déjà indiqués, $X_1 [\varepsilon_1, \varepsilon_1'] X_1^{-1}$ et $X_2 [\varepsilon_2, \varepsilon_2'] X_2^{-1}$, les ε_1 entiers complexes d'un anneau d'un deuxième corps $k(\varepsilon_1)$, qu'on peut choisir quelconque (mais réel), les ε_2 entiers d'un anneau d'un troisième corps déduit des deux premiers. Les X_1, X_2 se déduisent de X.

Il va sans dire que dans chacun de ces cas, on retrouve les relations

(1) *Comptes rendus*, 13 mai 1913.

singulières indiquées par M. Humbert. Le véritable intérêt de la méthode est de fournir un procédé pour l'étude arithmétique des deux derniers cas, étude sur laquelle je me propose de revenir ultérieurement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions quasi périodiques moyennes, déduites d'une fonction quasi périodique.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Émile Picard.

Une des propriétés les plus importantes des fonctions quasi périodiques est dans ce fait que, $f(x)$ désignant une fonction quasi périodique quelconque, l'expression

$$(1) \qquad f(x)+f(x+b)+f(x+2b)+\ldots+f[x+(n-1)b]$$

a, pour $n=\infty$ et quel que soit b, une limite atteinte uniformément, périodique et de période b. *La même opération effectuée sur une fonction simplement périodique, de période b, la laisse évidemment inaltérée.*

La limite de l'expression (1) est susceptible d'une représentation différente. Si $a_1, a_2, \ldots, a_p$ désigne une *base* du corps des périodes de $f(x)$, on peut mettre celle-ci sous la forme d'une série

$$(2) \qquad f(x)=\sum \mathrm{U}_k(x),$$

dans laquelle U_k est la somme d'un nombre fini d'expressions de la forme

$$(3) \qquad \mathrm{A}\cos 2\pi\frac{x}{\alpha}+\mathrm{B}\sin 2\pi\frac{x}{\alpha};$$

où

$$(4) \qquad \frac{1}{\alpha}=\frac{m_1}{a_1}+\frac{m_2}{a_2}+\ldots+\frac{m_p}{a_p},$$

$m_1, m_2, \ldots, m_p$ désignant des entiers positifs, négatifs, non nuls à la fois. Or, dans le terme $\mathrm{U}_k(x)$ peuvent figurer une ou plusieurs expressions de la forme (3) dans lesquelles la période α est de la forme $\frac{b}{n}$ (n entier), c'est-à-dire appartient au corps défini par la seule période b; soit $u_k(x)$ la somme de ces expressions dans $\mathrm{U}_k(x)$. *La série*

$$(5) \qquad \theta(x)=\sum u_k(x)$$

est uniformément convergente et représente la limite de l'expression (1).

La présente Note a pour objet une généralisation de ces propriétés qui est, comme nous le montrerons ultérieurement, d'une grande importance dans l'étude des équations différentielles à coefficients quasi périodiques.

Soient $a_1, a_2, \ldots, a_p$ une base du corps des périodes de $f(x)$, et $b_1, b_2, \ldots, b_q$, q nombres quelconques que nous appellerons aussi des périodes et dont nous envisagerons le corps défini par eux, c'est-à-dire l'ensemble des nombres β donnés par

$$\frac{1}{\beta} = \frac{n_1}{b_1} + \frac{n_2}{b_2} + \ldots + \frac{n_q}{b_q} \tag{6}$$

($n_1, n_2, \ldots, n_q$ étant entiers). Sans nuire en rien à la généralité, on peut supposer indépendantes les périodes $a_1, a_2, \ldots, a_p$ d'une part, les périodes $b_1, b_2, \ldots, b_q$ d'autre part.

La fonction $f(x)$, étant quasi périodique sur le champ des périodes $a_1, a_2, \ldots, a_p$, l'est aussi sur le champ défini par l'ensemble $a_1, a_2, \ldots, a_p, b_1, b_2, \ldots, b_q$. Dans leur ensemble, ces périodes peuvent ne pas être indépendantes. Si $q+r$ est l'ordre du corps qu'elles définissent, on peut établir d'abord l'existence de nombres $c_1, c_2, \ldots, c_r$ et d'un *entier* λ tels que le champ défini par $c_1, c_2, \ldots, c_r, \lambda b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$ soit un multiple [1] de celui défini par $a_1, a_2, \ldots, a_p, b_1, b_2, \ldots, b_q$.

Dans ces conditions, $f(x)$ est aussi quasi périodique sur le champ des périodes $c_1, c_2, \ldots, c_r, \lambda b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$ et nous désignerons par $F(x_1, x_2, \ldots, x_r, y_1, y_2, \ldots, y_q)$ sa fonction associée, périodique par rapport à chaque variable.

Soit maintenant h une suite de valeurs telles que

$$\begin{aligned}
&\lim[h + m_1(\lambda b_1)] = 0 \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\lim[h + m_q(\lambda b_q)] = 0 \\
&\lim[h + n_1 c_1] = 0 \qquad (m_i, n_j \text{ entiers}). \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\lim[h + n_{r-1} c_{r-1}] = 0 \\
&\lim[h + n_r c_r] = \xi_r
\end{aligned}$$

La suite h est congrue à zéro suivant les périodes $\lambda b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$, par suite congrue à zéro suivant les périodes $b_1, b_2, \ldots, b_q$. Les fonctions $f(x+h)$ ont alors pour limite la fonction

$$f_1(x) = F(x, x, \ldots, x + \xi_r, x, x, \ldots, x);$$

(1) E. Esclangon, *Les fonctions quasi périodiques* (*Annales de l'Observatoire de Bordeaux*, t. XII, p. 108).

les fonctions $f_1(x+h)$ ont pour limite la fonction

$$f_2(x) = \mathrm{F}(x, x, \ldots, x + 2\xi_r, x, x, \ldots, x)$$

et ainsi de suite. Mais ξ_r peut être choisi arbitrairement, car les périodes $c_1, c_2, \ldots, c_r, \lambda b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$ sont indépendantes; si on le choisit incommensurable avec c_r, l'expression

$$\frac{f_1(x) + f_2(x) + \ldots + f_n(x)}{n}$$

a, pour n infini, une limite qui est une fonction quasi périodique $\varphi_1(x)$ attachée au corps des seules périodes $c_1, c_2, \ldots, c_{r-1}, \lambda b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$.

Sur $\varphi_1(x)$ nous ferons disparaître de la même manière la période c_2, puis, sur la nouvelle fonction, la période c_3, etc., pour arriver finalement à une fonction quasi périodique $\varphi(x)$ attachée au corps des seules périodes $\lambda b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$ et dont nous désignerons par $\Phi(y_1, y_2, \ldots, y_q)$ la fonction associée.

Ceci posé, nous pouvons former une suite de nombres h tels que

$$\begin{array}{ll} \lim[h + s_1(\lambda b_1)] = b_1 & \\ \lim[h + s_2(\lambda b_2)] = 0 & (s_1, s_2, \ldots, s_q \text{ entiers}). \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ \lim[h + s_q(\lambda b_q)] = 0 & \end{array}$$

La suite h est évidemment congrue à zéro suivant les périodes $b_1, b_2, \ldots, b_q$. Les fonctions $\varphi(x+h)$ ont pour limite la fonction

$$\psi_1(x) = \Phi(x + b_1, x, \ldots, x);$$

les fonctions $\psi_1(x+h)$ ont pour limite la fonction

$$\psi_2(x) = \Phi(x + 2b_1, x, \ldots, x);$$

ainsi de suite, de sorte que l'expression

$$\frac{\psi_1(x) + \psi_2(x) + \ldots + \psi_n(x)}{n}$$

a, pour n infini, une limite qui est une fonction quasi périodique attachée au champ des périodes $b_1, \lambda b_2, \ldots, \lambda b_q$. Sur cette nouvelle fonction et par le même procédé, nous ramènerons la période λb_2 à la période b_2, etc., de sorte que nous *arriverons finalement à une fonction quasi périodique* $\theta(x)$ *attachée au champ des périodes* $b_1, b_2, \ldots, b_q$.

Il est clair que *la suite des opérations précédentes laisserait inaltérée toute fonction quasi périodique attachée au corps des périodes* $b_1, b_2, \ldots, b_q$.

D'autre part, comme les limites sont toujours atteintes uniformément, ces opérations peuvent être effectuées terme à terme sur tous les éléments d'une série uniformément convergente, en particulier sur la série (2) qui représente $f(x)$. Les seuls termes de la forme (3) de $U_k(x)$ qui subsisteront seront ceux pour lesquels les périodes α seront de la forme (6), c'est-à-dire appartiendront au corps défini par $b_1, b_2, \ldots, b_q$. En désignant leur somme par $u_k(x)$, la série

$$\theta(x) = \Sigma u_k(x)$$

sera convergente et représentera précisément la fonction définie plus haut.

On a ainsi, par deux procédés différents, un moyen de séparer, dans une fonction quasi périodique donnée, la partie qui constitue, si elle existe, une fonction quasi périodique attachée à un corps de périodes $b_1, b_2, \ldots, b_q$ arbitrairement données.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement d'une fonction en série de polynomes ultra-sphériques*. Note de M. **Kampé de Fériet**, présentée par M. Appell.

Lemme. — Soit $\Theta(x_1, x_2, \ldots, x_{p+s+1})$ une fonction harmonique et finie à l'intérieur de l'hypersphère $S : x_1^2 + \ldots + x_{p+s+1}^2 = 1$; se réduisant sur S à une fonction $\Omega(x_1, \ldots, x_p)$ et possédant le développement taylorien convergent $\Theta(\xi_1, \ldots, \xi_p, 0, \ldots, 0) = \Sigma \xi_1^{m_1} \ldots \xi_p^{m_p} K_{m_1 \ldots m_p}$, dans tout le domaine $X_p = 1 - x_1^2 - \ldots - x_p^2 \geqq 0$, $x_{p+1} = \ldots = x_{p+s+1} = 0$; on a

$$\text{(I)} \quad \int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}} \Omega V_{m_1 \ldots m_p}^{(s)} \, dx_1 \ldots dx_p = \frac{q}{2\mu + q} K_{m_1 \ldots m_p} \int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}} \, dx_1 \ldots dx_p,$$

où

$$p + s - 1 = q, \qquad m_1 + \ldots + m_p = \mu.$$

Si Φ et Ψ désignent les fonctions définies dans une Note précédente [1], faisant dans $\Psi : \tau = \lambda$, $\beta_1 = \alpha_1 \ldots \beta_{p-1} = \alpha_{p-1}$, et appliquant la formule de Green, pour l'intérieur de S, à Ψ et Θ, puis à Φ et Θ, par soustraction, on obtient (I).

[1] *Comptes rendus*, séance du 17 novembre 1913.

Soit

$$H = [(a_1 x_1 + \ldots + a_p x_p - 1)^2 + (a_1^2 + \ldots + a_p^2)(x_{p+1}^2 + \ldots + x_{p+s+1}^2)]^{-\frac{s}{2}} \quad (s > 0),$$

la fonction harmonique et finie à l'intérieur de S : ($|a_j| < 1$), qui définit sur S, d'après M. Appell ([1]), les polynomes adjoints $U^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}$,

$$\begin{aligned} H_S &= [(a_1 x_1 + \ldots + a_p x_p - 1)^2 + (a_1^2 + \ldots + a_p^2)(1 - x_1^2 - \ldots - x_p^2)]^{-\frac{s}{2}} \\ &= \Sigma\, a_1^{m_1} \ldots a_p^{m_p}\, U^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}. \end{aligned}$$

Comme $H(\xi_1, \ldots, \xi_p, 0, \ldots, 0) = (1 - a_1 \xi_1 - \ldots - a_p \xi_p)^{-s}$, l'application du lemme donne les résultats suivants :

Si *un seul* indice de U est différent de l'indice correspondant de V

$$\int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}}\, V^{(s)}_{m_1 \ldots m_j \ldots m_p}\, U^{(s)}_{m_1 \ldots \mu_j \ldots m_p}\, dx_1 \ldots dx_p = 0,$$

si *tous* les indices sont égaux

$$\text{(II)} \qquad \begin{aligned} &\int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}}\, V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}\, U^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}\, dx_1 \ldots dx_p \\ &\quad = \frac{q}{2\mu + q}\, \frac{(s, \mu)}{(1, m_1) \ldots (1, m_p)} \int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}}\, dx_1 \ldots dx_p. \end{aligned}$$

D'où la possibilité de calculer le développement d'une fonction

$$(u) \quad \Omega(x_1, \ldots, x_p) = \Sigma\, A_{m_1 \ldots m_p}\, U^{(s)}_{m_1 \ldots m_p} \quad \text{ou} \quad (v) \quad \Omega = \Sigma\, B_{m_1 \ldots m_p}\, V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}.$$

Par exemple, pour la forme (u),

$$\text{(III)} \qquad \begin{aligned} &\int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X^{\frac{s-1}{2}}\, \Omega\, V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}\, dx_1 \ldots dx_p \\ &\quad = A_{m_1 \ldots m_p}\, \frac{q}{2\mu + q}\, \frac{(s, \mu)}{(1, m_1) \ldots (1, m_p)} \int_{(X_p \geqq 0)}^{p} X_p^{\frac{s-1}{2}}\, dx_1 \ldots dx_p. \end{aligned}$$

Dans le cas général, (III) n'apprend rien sur la convergence de (u); mais si la fonction donnée Ω est taylorienne, la fonction harmonique Θ, telle que $\Theta_S = \Omega$ (solution du problème de Dirichlet), satisfait aux conditions du lemme, d'où par simple quotient de (I) et de (III)

$$\text{(IV)} \qquad A_{m_1 \ldots m_p} = \frac{(1, m_1) \ldots (1, m_p)}{(s, \mu)}\, K_{m_1 \ldots m_p}.$$

([1]) P. Appell, *Comptes rendus*, séance du 13 juin 1913). — C. Hermite (*Œuvres*, t. II) et F. Didon (*Ann. Éc. Norm.*, t. V), avaient considéré des cas particuliers de ces polynomes.

Ceci permet d'écrire (u) quand on connaît le développement taylorien de Θ et montre que la série des K est majorante pour celle des A.

Parmi les développements qu'on peut ainsi former effectivement, je citerai le suivant. Le symbole $J_\lambda^{(1)}(u)$ étant lié à la fonction de Bessel par $J_\lambda(u) = \frac{\left(\frac{u}{2}\right)^\lambda}{\Gamma(\lambda+1)} J_\lambda^{(1)}(u)$, la fonction

$$\Theta = e^{\alpha_1 x_1 + \ldots + \alpha_p x_p} J^{(1)}_{\frac{s-1}{2}}\left[\sqrt{\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_p^2}\sqrt{x_{p+1}^2 + \ldots + x_{p+s+1}^2}\right]$$

est harmonique; de plus

$$\Theta(\xi_1, \ldots, \xi_p, 0, \ldots, 0) = e^{\alpha_1 \xi_1 + \ldots + \alpha_p \xi_p};$$

d'où

$$(\mathrm{V}) \qquad \Omega = e^{\alpha_1 x_1 + \ldots + \alpha_p x_p} J^{(1)}_{\frac{s-1}{2}}\left[\sqrt{\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_p^2}\, X_p^{\frac{1}{2}}\right] = \sum \frac{\alpha_1^{m_1} \ldots \alpha_p^{m_p}}{(s, \mu)} U^{(s)}_{m_1 \ldots m_p}.$$

Ce développement met en évidence plusieurs propriétés des U, notamment leur expression générale

$$U^{(s)}_{m_1 \ldots m_p} = \frac{(s, \mu)}{(1, m_1) \ldots (1, m_p)} \left[x_1^{m_1} \ldots x_p^{m_p} + \ldots + (-1)^j \frac{X_p^j}{2^{2j}} \frac{\Delta^{2j}(x_1^{m_1} \ldots x_p^{m_p})}{(1, j)\left(\frac{s+1}{2}, j\right)} + \ldots\right],$$

qui est à rapprocher de celle qu'on obtient pour les V, en généralisant des théorèmes de Clebsch [1] et de Hobson [2] :

$$V^{(s)}_{m_1 \ldots m_p} = 2^\mu \frac{\left(\frac{q}{2}, \mu\right)}{(1, m_1) \ldots (1, m_p)} \left[x_1^{m_1} \ldots x_q^{m_p} + \ldots + (-1)^j \frac{1}{2^{2j}} \frac{\Delta^{2j}(x_1^{m_1} \ldots x_p^{m_p})}{(1, j)\left(\frac{q}{2} + \mu - j, j\right)} + \ldots\right],$$

où $\Delta^{2j} F$ est le symbole de Lamé

$$\Delta^{2j} F = \left[\left(\frac{\partial}{\partial x_1}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{\partial}{\partial x_p}\right)^2\right]^j F.$$

De (V) on déduit encore : l'expression des U par des intégrales définies analogues à celles de Laplace et de Jacobi; certaines relations curieuses, en faisant $\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_p^2 = 0$, etc.

---

(1) A. Clebsch, *J. reine angew. Math.* (*Crelle*), t. LX, p. 343.
(2) E.-W. Hobson, *Proc. London Math. Soc.*, t. XXIV, p. 55.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de Fredholm de première espèce.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. G. Bigourdan.

1. Soient

$$f(x)=\int_0^1 N(x, y) F(y)\,dy \quad \text{et} \quad \varphi(x)=\int_0^1 K(x, y) F(y)\,dy$$

deux équations intégrales qui sont vérifiées par une même fonction $F(y)$. On a

$$f(x)\varphi(x)=\int_0^1 N(x, y)\varphi(x) F(y)\,dy=\int_0^1 K(x, y) f(x)\,dy,$$

et par conséquent

$$\int_0^1 [N(x, y)\varphi(x)-K(x, y) f(x)] F(y)\,dy=0$$

pour toutes les valeurs de x dans un domaine déterminé, ce qui donne

$$(1) \qquad \frac{N(x, y)}{f(x)}=\frac{K(x, y)}{\varphi(x)}.$$

Inversement, si la condition (1) est satisfaite, les deux équations

$$f(x)=\int_0^1 N(x, y) F(y)\,dy \quad \text{et} \quad \varphi(x)=\int_0^1 K(x, y)\Phi(y)\,dy$$

donnent

$$F(y)=\Phi(y).$$

En effet, on a

$$f(x)\varphi(x)=\int_0^1 N(x, y)\varphi(x) F(y)\,dy=\int_0^1 K(x, y) f(x)\Phi(y)\,dy,$$

et

$$\int_0^1 [N(x, y)\varphi(x) F(y)-K(x, y) f(x)\Phi(y)]\,dy=0.$$

Cette équation étant vérifiée pour une infinité de valeurs de x, on a

$$N(x, y)\varphi(x) F(y)-K(x, y) f(x)\Phi(y)=0,$$

et, ayant égard à la condition (1), on obtient

$$\frac{F(y)}{\Phi(y)}=1 \quad \text{ou bien} \quad F(y)=\Phi(y).$$

2. Supposons qu'il existe une fonction $F(y)$ qui satisfasse l'équation

$$(A) \qquad f(x) = \int_0^1 N(x, y) F(y) \, dy;$$

elle satisfera aussi les équations

$$f'(x) = \int_0^1 \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} F(y) \, dy,$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$

$$f^{(n)}(x) = \int_0^1 \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} F(y) \, dy.$$

On en conclut que pour que l'équation (A) admette une solution, il faut

$$(2) \qquad \frac{f(x)}{N(x, y)} = \frac{f'(x)}{\frac{\partial N(x, y)}{\partial x}} = \dots = \frac{f^n(x)}{\frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n}} = K.$$

3. Supposons en outre que la solution $F(y)$ de l'équation (A) soit développable en série d'après les puissances de y:

$$F(y) = F_0 + F_1 y + F_2 y^2 + F_3 y^3 + \dots + F_n y^n + \varepsilon.$$

On aura

$$(3) \qquad \begin{cases} f(x) + \varepsilon_0 = F_0 \int_0^1 N(x, y) \, dy + F_1 \int_0^1 N(x, y) \, y \, dy + \dots + F_n \int_0^1 N(x, y) \, y^n \, dy, \\ f'(x) + \varepsilon_1 = F_0 \int_0^1 \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} dy + F_1 \int_0^1 \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} y \, dy + \dots + F_n \int_0^1 \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} y^n \, dy, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\ f^{(n)}(x) + \varepsilon_n = F_0 \int_0^1 \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} dy + F_1 \int_0^1 \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} y \, dy + \dots + F_n \int_0^1 \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} y^n \, dy. \end{cases}$$

Nous désignerons par D_y le déterminant suivant :

$$D_y = \begin{vmatrix} \int_0^y N(x, y) \, dy & \int_0^y N(x, y) \, y \, dy & \dots & \int_0^y N(x, y) \, y^n \, dy \\ \int_0^y \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} dy & \int_0^y \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} y \, dy & \dots & \int_0^y \frac{\partial N(x, y)}{\partial x} y^n \, dy \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots & \dots\dots \\ \int_0^y \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} dy & \int_0^y \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} y \, dy & \dots & \int_0^y \frac{\partial^n N(x, y)}{\partial x^n} y^n \, dy \end{vmatrix}$$

et par D_1 le même déterminant où les limites supérieures des intégrales qui

y figurent sont remplacées par 1, c'est-à-dire le déterminant des coefficients de $F_0, F_1, \ldots, F_n$.

Du système d'équations (3), on tire

$$F_s = \frac{\displaystyle\sum_{p=1}^{n} \frac{\partial D_1}{\partial \displaystyle\int_0^1 \frac{\partial^p N(x,y)}{\partial x^p} y^s\, ds} [f^{(p)}(x) + \varepsilon_p]}{D_1}.$$

On peut prendre n assez grand pour que l'erreur commise, en négligeant les ε_p, soit moindre qu'une petite quantité donnée.

Ayant égard à la condition (2), on peut écrire

$$F_s y^s = K \frac{\displaystyle\sum_{p=1}^{n} \frac{\partial D_1}{\partial \displaystyle\int_0^1 \frac{\partial^p N(x,y)}{\partial x^p} y^s\, ds} \frac{\partial^p N(x,y)}{\partial x^p} y^s}{D_1},$$

et, par conséquent,

$$(4) \qquad F(y) - \varepsilon = \lim_{n=\infty} \sum_{s=0}^{n} F_s y^s$$

$$= K \frac{\displaystyle\sum_{s=0}^{n} \sum_{p=0}^{n} \frac{\partial D_1}{\displaystyle\int_0^1 \frac{\partial^p N(x,y)}{\partial x^p} y^s\, ds} \frac{\partial^p N(x,y)}{\partial x^p} y^s}{D_1} = K \frac{\left(\dfrac{dD_y}{dy}\right)_1}{D_1},$$

où $\left(\dfrac{dD_y}{dy}\right)_1$ qu'après la dérivation, il faut prendre toutes les limites supérieures des intégrales égales à 1.

Si la condition (2) est satisfaite et si $\left(\dfrac{dD_y}{dy}\right)_1$ tend vers une limite, l'équation (A) a une solution qui est donnée par la formule (4).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Rectification à la Note *Sur le problème de Dirichlet pour le cylindre indéfini*, présentée dans la séance du 8 décembre 1913. Note de M. G. **Bouligand**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans la Note citée, page 1127, ligne 4, après les mots : « l'équation sans second membre n'a pas de solution non nulle », il faut ajouter : « régu-

lière à l'infini ». On comprendra la nécessité de cette restriction en remarquant que si μ vérifie l'inégalité

$$\mu + \alpha_h^2 < 0,$$

les fonctions

$$\varphi_h(m) \begin{matrix} \cos \\ \sin \end{matrix} (\sqrt{-\mu - \alpha_h^2}. z)$$

sont des solutions de cette équation sans second membre. Ce sont elles qui donnent naissance aux conditions de résolubilité (3) de l'équation avec second membre.

Il en résulte que cette dernière pourra être indéterminée [pour un choix convenable de H(M)] si l'on admet les solutions qui ne sont pas régulières à l'infini.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les points singuliers de l'intégrale générale du problème des n corps.* Note (¹) de M. **Jean Chazy**, présentée par M. P. Painlevé.

1. Les équations différentielles du problème des n corps, en coordonnées cartésiennes, sont vérifiées par des expressions de la forme

$$(\alpha) \qquad x = \mathrm{A}\,t + \mathrm{B} \log t + \mathrm{C} + \varepsilon(t) :$$

les A, B, C désignent des constantes, parmi lesquelles les $6n$ constantes A et C sont arbitraires, à cette restriction près qu'aucune des $\frac{n(n-1)}{2}$ quantités $\mathrm{S}(\mathrm{A}_i - \mathrm{A}_j)^2$ ne soit nulle; les $\varepsilon(t)$ désignent des séries entières convergentes en $\frac{\log t}{t}$ et $\frac{1}{t}$, sans termes constants.

Les trajectoires représentées par les expressions (α) dépendent donc du même nombre de constantes que l'intégrale générale; en quantités réelles, elles généralisent les trajectoires hyperboliques du problème des deux corps. Quand t croît indéfiniment, chacun des corps s'éloigne indéfiniment de tous les autres, et chacune des trajectoires est asymptote en général, non à une droite, mais à une courbe plane exponentielle (courbe telle que $y = e^x$, en axes rectangulaires ou obliques, quand x et y tendent vers $+\infty$). Par un changement de trièdre de référence, le nouveau trièdre ayant par rapport à l'ancien un mouvement de translation rectiligne et

(¹) Présentée dans la séance du 8 décembre 1913.

uniforme, on peut faire en sorte que les trajectoires de deux des corps aient des droites asymptotes [1].

On peut obtenir de même, dans le problème des trois corps, des trajectoires dépendant du même nombre de constantes que l'intégrale générale, et telles que, quand t croît indéfiniment, l'un des corps s'éloigne indéfiniment des deux autres, qui tendent à décrire des ellipses par rapport à leur centre de gravité : les coordonnées du premier corps peuvent être mises sous la forme (α), où les A, B, C désignent des constantes et les $\varepsilon(t)$ des fonctions tendant vers zéro quand t croît indéfiniment.

2. Dans le problème des n corps, au voisinage de tout choc de deux corps, les coordonnées sont représentées par des séries entières en $(t-t_0)^{\frac{1}{3}}$ telles que les différences des coordonnées et la distance des deux corps qui se choquent s'annulent pour $t=t_0$ à l'ordre $\frac{2}{3}$; en quantités complexes, ces développements en séries entières représentent des intégrales des équations différentielles du problème des n corps, qui admettent le point, réel ou imaginaire, $t=t_0$ comme point critique d'ordre 2, mais ils dépendent de deux constantes de moins que l'intégrale générale. Par suite, si l'on étudie cette intégrale générale dans le plan de la variable complexe t, ce ne sont pas de tels points singuliers qui arrêtent la convergence des développements.

Les équations différentielles du problème des n corps sont vérifiées par des séries entières en $\sqrt{t-t_0}$, convergentes si $|t-t_0|$ est assez petit, dépendant du même nombre de constantes que l'intégrale générale, et telles que pour $t=t_0$ la distance r de deux des n corps s'annule à l'ordre $\frac{1}{2}$, tandis que les différences des coordonnées de ces deux corps ne sont pas nulles : de sorte que les séries obtenues ont nécessairement des coefficients imaginaires. Dans le domaine correspondant au voisinage du point $t=t_0$, le temps t et les coordonnées sont des fonctions holomorphes de la variable considérée par M. Sundman $u=\int\frac{dt}{r}$, comme au voisinage d'un choc réel.

---

[1] Les termes en $B\log t$ existent dans le mouvement hyperbolique de deux corps. Un passage des *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste* (t. III, p. 169) laisse croire au contraire que dans ce mouvement les coordonnées de chacun des corps peuvent être mises sous la forme $x=At+C+\varepsilon(t)$, A et C désignant des constantes et $\varepsilon(t)$ une fonction qui tend vers zéro quand t croît indéfiniment.

Effectivement, dans le problème des deux corps et dans les mouvements elliptique, hyperbolique ou parabolique, les coordonnées n'ont, dans le plan de la variable t, d'autre point singulier que le point $t = \infty$ et des points critiques de l'espèce que nous venons de définir; dans le mouvement elliptique, la variable u se réduit à l'anomalie excentrique, dont le temps et les coordonnées sont des fonctions entières. Enfin les points critiques d'ordre 2 correspondant à un choc réel peuvent être considérés comme résultant de la réunion de deux points critiques d'ordre 1 de l'espèce précédente.

3. En complétant des résultats de M. Levi-Civita et de M. Sundman, j'ai obtenu la proposition suivante (en quantités réelles) : dans le problème des trois corps, il est impossible que la distance de deux des corps tende vers zéro, avec ou sans chocs de ces deux corps, quand t croît indéfiniment, tandis que le troisième corps reste à une distance des deux premiers dont la limite inférieure n'est pas nulle. On conçoit que des conditions initiales puissent se trouver réalisées qui sembleraient devoir produire un tel mouvement, mais alors les deux corps voisins se choquent au bout d'un temps fini et s'éloignent l'un de l'autre à distance non infiniment petite : comme l'intuition vulgaire peut le faire admettre.

La proposition précédente se généralise : dans le problème des n corps, quand t croît indéfiniment, il est impossible que les n corps se séparent, les uns restant indéfiniment isolés des $n-1$ autres, les autres formant des systèmes de deux corps dont la distance tend vers zéro avec ou sans chocs, et qui restent indéfiniment isolés des $n-2$ autres.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement de la chaleur dans un corps athermane.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. J. Boussinesq.

1. On sait que le mouvement de la chaleur *à l'intérieur* d'un corps solide athermane est régi par l'équation aux dérivées partielles [1]

$$\frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z} = C\frac{\partial V}{\partial t}; \tag{1}$$

[1] Nous utiliserons les notations de M. J. Boussinesq. (*Théorie analytique de la chaleur, mise en harmonie avec la thermodynamique et avec la théorie mécanique de la lumière*, t. I. Paris, 1901.) Voir spécialement pages 115 et 167.

V représente la température absolue au point (x, y, z) à l'instant t; C est la capacité calorifique; c'est une fonction donnée de x, y et z. Enfin, on a posé

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} F_x &\equiv \mathcal{A}\frac{\partial V}{\partial x} + \mathcal{F}_1\frac{\partial V}{\partial y} + \mathcal{E}\ \frac{\partial V}{\partial z}, \\ F_y &\equiv \mathcal{F}\ \frac{\partial V}{\partial x} + \mathcal{B}\frac{\partial V}{\partial y} + \mathcal{D}_1\frac{\partial V}{\partial z}, \\ F_z &\equiv \mathcal{E}_1\frac{\partial V}{\partial x} + \mathcal{D}\frac{\partial V}{\partial y} + \mathcal{C}\ \frac{\partial V}{\partial z}, \end{aligned} \right.$$

où $\mathcal{A}, \mathcal{F}_1, \ldots, \mathcal{C}$ sont neuf fonctions données de x, y et z, appelées coefficients de conductibilité relatifs aux axes rectangulaires des x, y, z.

A l'instant t, en chaque point (x, y, z) pris à l'intérieur du corps considéré, l'énergie calorifique (assimilée à une matière que le courant de chaleur y déplacerait en totalité) est animée d'une vitesse v; nous nous proposons de calculer les trois composantes $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ de cette vitesse. Pour atteindre ce but, nous remarquons que $\int\int\int \rho\, \delta x\, \delta y\, \delta z$ doit être un invariant intégral du mouvement de la chaleur, en représentant par ρ *la densité de l'énergie calorifique;* mais, en vertu de certaines théories, cette densité doit être une fonction linéaire de la température absolue V. Nous allons voir qu'il est facile de satisfaire à ces conditions, tout en respectant tous les résultats acquis concernant les flux et les courants de chaleur.

2. L'équation (1) représente la condition nécessaire et suffisante pour que les équations différentielles ordinaires

$$(3) \qquad \frac{dx}{dt} = \frac{-F_x}{CW}, \qquad \frac{dy}{dt} = \frac{-F_y}{CW}, \qquad \frac{dz}{dt} = \frac{-F_z}{CW}$$

admettent l'invariant intégral $\int\int\int CW\, \delta x\, \delta y\, \delta z$, où l'on a posé $W \equiv V + k$, identité dans laquelle k est une constante universelle. Il en résulte que la densité de l'énergie calorifique est CW. Les équations (3) donnent les composantes de la vitesse v de la chaleur. On aura

$$v = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}}{CW}.$$

Cette expression est invariante pour tout changement d'axes rectangulaires.

L'équation (1) est l'*équation de continuité* du système (3).

Si le mouvement de la chaleur, régi par les équations différentielles (3), est *stationnaire*, on pourra, grâce à un théorème de H. Poincaré [1], déduire de l'invariant intégral $\int\int\int \mathrm{CW}\,\delta x\,\delta y\,\delta z$ un autre invariant intégral,

$$(4) \qquad \int\int_\sigma \mathrm{F}_\nu\,\delta\sigma \quad \text{ou} \quad \int\int_\sigma \mathrm{CW}\,v_\nu\,\delta\sigma,$$

où v_ν est la composante de v, suivant la demi-normale ν à la surface quelconque σ en $\delta\sigma$. Si le mouvement de la chaleur est *variable*, l'expression (4) n'est plus un invariant intégral des équations (3); on aura, alors, en vertu de ces équations (3),

$$(5) \qquad \frac{d}{dt}\int\int_\sigma \mathrm{CW}\,v_\nu\,\delta\sigma = \int\int_\sigma \mathrm{CW}\,\varphi_\nu\,\delta\sigma,$$

où φ_ν représente la composante, suivant la demi-normale ν, d'un vecteur dont les composantes sont les dérivées partielles par rapport à t des composantes de la vitesse données par (3); on a, d'autre part,

$$\frac{d}{dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + \left(\frac{-\mathrm{F}_x}{\mathrm{CW}}\right)\frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{-\mathrm{F}_y}{\mathrm{CW}}\right)\frac{\partial}{\partial y} + \left(\frac{-\mathrm{F}_z}{\mathrm{CW}}\right)\frac{\partial}{\partial z}.$$

L'égalité (5) fournit *la généralisation* du théorème de H. Poincaré ; elle est susceptible de transformations intéressantes lorsque la surface σ est *fermée*.

La recherche d'un ou de plusieurs *invariants* de (3) (au sens de S. Lie) fournira des renseignements précieux sur *les trajectoires* des quanta de chaleur. Dans le cas particulier où le corps est *isotrope* et où l'état est *stationnaire*, on trouve que W ne peut être un invariant de (3), sauf le cas des températures uniformes.

Le mouvement (3) présente, en général, des tourbillons.

3. Le principe de Carnot-Clausius nous fournit la condition

$$\mathrm{W}(x, y, z, t) \geqq \mathrm{W}(x + v_x\,dt,\; y + v_y\,dt,\; z + v_z\,dt,\; t),$$

où v_x, v_y, v_z sont les trois composantes de la vitesse v fournies par (3) et où $dt > 0$. Cette condition équivaut à

$$\frac{\partial \mathrm{W}}{\partial x}\mathrm{F}_x + \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial y}\mathrm{F}_y + \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial z}\mathrm{F}_z \geqq 0,$$

---

[1] H. Poincaré, *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. III, Paris, 1899, p. 33.

relation démontrée un peu autrement par M. Boussinesq (p. 118) et à laquelle devront par conséquent satisfaire les neuf coefficients de conductibilité.

PHYSIQUE. — *Comparaison générale des tensions des vapeurs.* Note de M. **J.-M. Crafts**, présentée par M. G. Lemoine.

I. La formule (1) donnée plus loin permet, au moyen de deux déterminations de points d'ébullition d'un corps, sous des pressions aussi écartées que possible, de calculer, dans la plupart des cas, toutes les autres tensions de vapeur; ce calcul se fait par comparaison avec une substance étalon, pour le choix de laquelle je propose la *naphtaline*, car l'eau, dont les tensions de vapeur sont le mieux déterminées, et dont l'emploi a été fait dans ce but, se prête moins bien à cet usage. La loi est moins simple pour l'hydrogène, le chlore, l'eau, les alcools et les acides dont trois tensions de vapeur doivent alors être connues pour appliquer la formule (2).

La naphtaline a été choisie après étude d'un grand nombre de substances parce qu'on l'obtient facilement très pure et parce qu'elle est d'une stabilité extrême. Sa densité de vapeur est normale à la température du rouge; elle supporte une ébullition de plusieurs milliers d'heures sans éprouver la moindre décomposition. Sa courbe de tensions de vapeur a été déterminée par 150 mesures de points d'ébullition entre 80^{mm} et 2200^{mm} de mercure, mesures effectuées avec un thermomètre à azote de type nouveau [1].

II. Le Tableau I ci-après montre que des corps très variés satisfont à la relation simple suivante

$$T - T' = (T''_a - T'''_a)C, \tag{1}$$

dans laquelle on a T et T', points d'ébullition d'une substance quelconque sous des pressions P et P'; T'' et T''', points d'ébullition sous les mêmes pressions de la substance étalon; C, constante pour toutes les températures.

D'autre part, on a inscrit dans le Tableau I :

a. Dans la première ligne horizontale : les pressions de comparaison, P (en millimètres de mercure), choisies de telle sorte que le point d'ébullition de la naphtaline (Table III) s'élève de 20° en passant de l'une à l'autre;

b. Dans les colonnes verticales I, II, etc. : les points d'ébullition de chaque corps

[1] Crafts, *J. Ch. phys.*, t. XI, 1913, p. 429.

TABLEAU I.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Pressions en millimèt.	39,11	81,15	155,80	279,52	472,56	760	1172,7	1741,5	20 × C	$20\frac{C}{T}$
*Azote.....	»	*62°,02	66°,23	69°,92	73°,58	77°,40	81°,56	85°,61		
	»	*62,16	62,23	70,10	73,98	77,85	81,73	85,61	3,874	0,050
*Oxygène..	69,24	*73,54	78,01	82,51	87,08	91,17	»			
	69,24	*73,62	78,01	82,40	86,79	91,17	»	»	4,386	0,0422
$*SO_2$......	»	»	»	*241,89	252,73	263,00	273,22	283,37		
	»	»	»	*241,52	252,73	262,95	273,16	283,37	10,215	0,0384
CS_2.......	249,51	263,43	277,40	291,37	305,33	319,26	333,23	347,19		
	249,51	263,46	277,42	291,37	305,23	319,18	333,13	347,19	13,954	0,0407
Brome.....	264,20	277,07	290,78	304,31	318,26	331,75	»			
	263,40	277,07	290,74	304,41	318,08	331,75	»	»	13.67	0,041
Hexane normal......	-2,84	+11,63	25,98	39,81	54,71	68,88	83,22	97,95		
	-2,84	+11,57	25,98	40,39	54,80	69,21	83,62	98,03	14,41	0,0422
Benzène...	7,23	21,91	36.50	51,08	65,62	80,21	95,30	110,2		
	7,23	21,91	36,60	51,28	65,96	80,65	95,33	110.02	14,684	0,0416
Acétate d'éthyle.....	8,37	22,16	35,95	49,77	63,53	77,23	91,22	104,99		
	8,37	22,17	35,97	49,77	63,57	77,37	91,17	104,97	13,8	0,0394
Phénol....	99,32	115,57	132,50	148,88	165,13	181,40	»			
	99,37	115,72	132,15	148,57	164,98	181,40	»	»	16,416	0,036
Aniline....	96,54	113,87	131,87	149.26	166,72	183,90	»			
	96,54	114,01	131,48	148,95	166,42	183,90	»	»	17,47	0,0382
Benzophénone.....	»	»	»	»	284,13	306,06	328,04	350,22		
	»	»	»	»	284,13	306,16	328,19	350,22	22,03	0,038
Mercure...	226,39	253,19	279,58	305,82	332,05	358,26	384,18	410,26		
	227,01	253,19	279,37	305,55	332,73	357,91	384,09	410,26	26,18	0,0396
Soufre.....	»	»	»	391,35	420,08	448,38	476,52	505,66		
	»	»	»	391,35	419,93	448,50	477,08	505,66	28,577	0,0396

TABLEAU II.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
*Hydrogène	*13,79	14,79	15,98	17,41	18,86	20,41			C	c
	*13,79	14,97	16,23	17,55	18,95	20,41	»	»	1,185	0,07
*Chlore....	*185,57	196,77	207,64	218,28	229,24	239,40	248,69	258,44		
	*185,57	196,88	207,89	218,60	229,01	239,12	248,93	258,44	11,31	-0,030
Eau.......	33,785	47,470	60,934	74,178	87,200	100	112,59	124,95	13,684	-0,022
Alcool éthylique.....	18,03	30,74	43,06	55,12	66,77	78,32	89,66	100,27		
	18,03	30,74	43,13	55,20	66,95	78,38	89,49	100,28	12,71	-0,032
Alcool isoamylique.	62,84	76,63	90,29	103,75	117,22	130,66	143,87	157,73		
	62,84	76,60	90,75	103,80	117,26	130,62	143,87	157,03	13,755	-0,0100
Acide acétique.....	42,35	57,92	73,34	88,64	103,70	118,57	133,27	147,73		
	42,28	57,91	73,35	88,61	103,68	118,55	133,23	147,73	15,635	-0,019
Acide isobutyrique.	77,00	92,80	108,27	123,48	138,43	153,18				
	77,00	92,76	108,25	123,49	138,46	153,18	»	»	15,756	-0,026

TABLEAU III.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	
Naphtaline.	118,16	138,04	158,06	178,04	197,97	218,06	238,15	258,18	observé
	118,06	138,06	158,06	178,06	198,06	218,06	238,06	258,06	calculé

Le signe * indique les températures absolues prises pour les corps dont il s'agit en place de degrés centigrades.

sous les pressions ci-dessus, exprimés chaque fois par deux nombres, l'un fourni par l'expérience ou tiré des formules d'interpolation que chaque auteur regarde comme représentant ses observations, l'autre calculée par la relation (1);

c. Dans les colonnes verticales IX et X, les valeurs de $20 \times C$ et de $\frac{20 \times C}{T}$, où T est la température absolue d'ébullition de chaque substance sous 760^{mm} de pression; on voit que les nombres de la colonne X se rapprochent de 0,04.

III. Le Tableau II (établi pour les mêmes pressions que le Tableau I) concerne les corps : hydrogène, chlore, eau, alcools et acides avec lesquels on utilise la formule (2) :

$$T - T' = (T'' - T''')[C \mp c(t' - t)]. \tag{2}$$

Les valeurs de C (colonne IX) sont celles du premier intervalle de 20°, où $T'' - T'''$ sont les températures d'ébullition de la naphtaline; celles de c (colonne X) sont négatives, sauf pour l'hydrogène; les valeurs de $t' - t$ employées sont 0, 1, 2, etc., augmentant d'une unité avec chaque intervalle successif de 20° pour la naphtaline.

On remarquera que les tensions de vapeur du brome et de l'iode sont calculées avec une formule à une seule constante; il paraît dès lors singulier que le chlore se trouve dans la même classe que l'eau.

Les calculs de tension de vapeur par comparaison avec une substance étalon, telle que la naphtaline, fait ressortir des relations intéressantes; la méthode de calcul est aussi beaucoup moins laborieuse qu'avec les formules du genre de celles de Biot.

L'analyse des faits et la question du degré d'exactitude seront traitées dans un Mémoire détaillé.

PHYSIQUE. — *Sur le champ moléculaire et une loi d'action en raison inverse de la sixième puissance de la distance.* Note de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

Le champ moléculaire que j'ai imaginé pour rendre les phénomènes ferromagnétiques accessibles à la théorie cinétique est défini par

$$H_m = N.I = N.D.\sigma, \tag{1}$$

où I est l'intensité d'aimantation, N la constante du champ moléculaire, D la densité et σ l'aimantation spécifique. Cette hypothèse s'est montrée

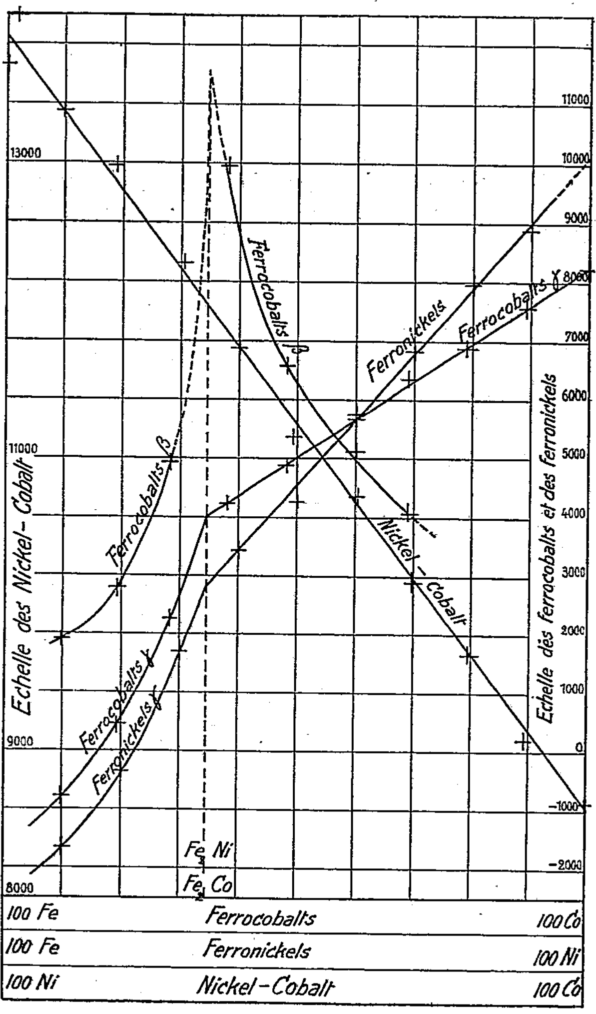
féconde. Elle a donné, pour la première fois, une déduction de la loi de variation thermique de l'aimantation à saturation. Elle a conduit à la loi de variation linéaire de l'inverse du coefficient d'aimantation au-dessus du Point de Curie, insoupçonnée jusque-là et que l'expérience a abondamment vérifiée. Elle a montré que l'anomalie thermique des ferromagnétiques est, non une chaleur de transformation, mais une discontinuité de la chaleur spécifique vraie, et a permis de calculer, *a priori*, la grandeur de cette discontinuité en partant des seules données magnétiques. Elle a fourni une image fidèle des propriétés magnétocristallines de la pyrrhotine, si riches d'aspects avec le plan magnétique, la direction de facile aimantation, les champs démagnétisants internes.

Cependant, il est impossible de concevoir ce champ moléculaire comme un véritable champ magnétique. Il a été introduit dans les calculs comme un champ uniforme. Mais le théorème de la continuité du flux et de l'intégrale du champ le long d'un contour fermé s'opposent à ce qu'il le soit. Cette impossibilité d'un champ magnétique uniforme revêt une forme particulièrement frappante si l'on met son énorme grandeur, voisine de 10^7 gauss, en rapport avec le théorème de la continuité du flux. Mais, même en supposant le champ moléculaire non uniforme et localisé dans des régions peu étendues, il semble impossible qu'il soit produit, soit par des pôles, soit par des électrons en mouvement. Il faudrait que les pôles ou électrons appartenant à des atomes différents fussent pratiquement au contact, ce qui n'est guère compatible avec l'agitation thermique.

En supposant le champ moléculaire *magnétique*, on fait une hypothèse inutilement spécialisée. Les forces peuvent être de nature quelconque : au lieu d'ajouter un champ magnétique fictif au champ extérieur, on ajoutera les moments des forces intérieures aux moments provenant du champ magnétique extérieur.

Si l'on pouvait étudier une substance, formée de molécules données, à toutes les densités, on posséderait la loi de variation des actions produisant le champ moléculaire avec la distance. L'étude des alliages des métaux ferromagnétiques résout cette question, au moins dans un cas particulier. La figure montre la variation du coefficient N en fonction de la composition dans les systèmes fer-cobalt, fer-nickel et nickel-cobalt. Deux cas se présentent : ou N suit la loi linéaire, ou il s'en écarte notablement. Je considérerai seulement le premier qui est probablement caractéristique des métaux à solubilité réciproque illimitée, sans complications. Si l'un des métaux était neutre magnétiquement et servait uniquement à diluer l'autre, le coefficient N de

celui-ci serait donc proportionnel à la teneur, c'est-à-dire à la densité du métal magnétique dans l'alliage. Puisque, dans l'expression (1), la densité figure déjà une fois en facteur, le champ moléculaire H_m sera, pour une aimantation spécifique donnée, proportionnel au carré de la densité.



Coefficient du champ moléculaire.

Cette variation de densité peut être obtenue en amplifiant toutes les distances dans un rapport λ. Le champ moléculaire étant multiplié par λ^{-6} est une fonction homogène de degré -6 des distances. Si l'on imagine l'action élémentaire d'une molécule sur une molécule voisine développée en série, suivant les puissances de la distance, il faut, par conséquent, ou

que la sixième puissance existe seule, ou que les autres puissances disparaissent dans la sommation étendue à la sphère d'action moléculaire.

La loi d'action ainsi trouvée vient à l'appui des raisons pour lesquelles le champ moléculaire n'est pas magnétique. Elle montre, en même temps, qu'il ne saurait être électrostatique. Il est produit par des actions moléculaires d'un type nouveau et de nature encore inconnue.

OPTIQUE. — *Sur l'existence et l'observation des ondes lumineuses sphériques inhomogènes*. Note de M. **Paul Sélényi**, présentée par M. J. Violle.

1. Les ondes inhomogènes planes sont depuis longtemps connues en Optique, surtout depuis les recherches de M. Voigt. Ce sont des ondes dans lesquelles le plan des points de phase égale ne coïncide pas avec celui des points d'amplitude égale, ces plans faisant un certain angle entre eux, la valeur de l'amplitude dans le plan des phases égales s'exprimant par la fonction $a_0 e^{-k\frac{l}{\lambda}}$, où a_0 et k sont des constantes, l la distance à un point fixe du plan des phases égales et λ la longueur d'onde. L'exemple le plus intéressant de ces ondes se produit dans le milieu moins réfringent lorsqu'il y a réflexion totale sur la surface plane de séparation de deux milieux.

Je me propose de montrer que, *si la lumière venant d'une source située dans un milieu moins réfringent, passe dans un milieu plus réfringent, une partie de cette lumière se propage à l'extérieur du cône de réflexion totale en ondes sphériques inhomogènes.*

2. Nous croyons utile de commencer par quelques considérations élémentaires sur le premier cas.

Choisissons pour plan Oxy la surface plane qui sépare deux milieux inégalement réfringents (l'air et le verre par exemple) qui remplissent chacun un demi-espace. Admettons que, du premier milieu supposé plus réfringent, une onde plane arrive à la surface de séparation, faisant avec elle un angle φ. L'état vibratoire dans le premier milieu sera représenté par la fonction

$$s = a . e^{2\pi i\left(\omega t - \frac{nR}{\lambda}\right)},$$

où n désigne l'indice de réfraction, R la distance de l'onde plane à l'origine et λ la longueur d'onde.

Un calcul simple donne, pour l'état vibratoire en un point A du second milieu situé

à la distance normale d de l'origine,

$$s' = a\delta e^{2\pi i\left(\omega t - \frac{nR}{\lambda} - \frac{d\sqrt{1-n^2\sin^2\varphi}}{\lambda}\right)},$$

où δ désigne le facteur de réfraction dépendant de l'état de polarisation de la lumière et de l'angle d'incidence.

Si, en faisant augmenter φ, $\sin\varphi$ dépasse la valeur $\frac{1}{n}$, la racine carrée dans l'exposant devient imaginaire et passe de l'expression de la phase à celle de l'amplitude

$$s' = a\delta e^{-2\pi\frac{d\sqrt{n^2\sin^2\varphi-1}}{\lambda}} e^{2\pi i\left(\omega t - \frac{nR}{\lambda}\right)}.$$

Nous avons donc affaire à une onde plane se propageant le long de la surface de séparation, dans laquelle l'amplitude décroît, si l'on se déplace dans la direction de la normale à la surface, suivant la loi

$$e^{-2\pi\frac{d\sqrt{n^2\sin^2\varphi-1}}{\lambda}}.$$

En même temps, comme il est bien connu, δ devient imaginaire, et cela se manifeste par la différence de phases des deux composantes de la vibration lumineuse.

3. Plaçons maintenant en un point A (o, o, d) du second milieu un point lumineux. L'état vibratoire des ondes sphériques issues de ce point sera donné par l'équation

$$\rho = \frac{a}{r} e^{2\pi i\left(\omega t - \frac{r}{\lambda}\right)}.$$

Cherchons quel sera l'état vibratoire en un point du premier milieu ayant pour coordonnées polaires R et φ, où l'on suppose R très grand tant par rapport à λ que par rapport à d.

Le facteur qui détermine la phase s'obtient immédiatement, il s'écrit

$$e^{\left(\omega t - \frac{d\sqrt{1-n^2\sin^2\varphi}}{\lambda} - \frac{nR}{\lambda}\right)}.$$

Pour déterminer l'amplitude, il faudrait tenir compte du fait que la réfraction fait varier la divergence des rayons incidents, mais il est plus simple de recourir au *principe du retour inverse des rayons lumineux*, d'après lequel l'amplitude aura la valeur $\frac{a}{R}\delta$, où δ a la même signification que tout à l'heure. En faisant augmenter φ au delà de l'angle α de la réflexion totale, l'état vibratoire s'exprimera sous la forme

$$\rho' = \frac{a}{R}\delta e^{-2\pi\frac{d\sqrt{n^2\sin^2\varphi-1}}{\lambda}} e^{2\pi i\left(\omega t - \frac{nR}{\lambda}\right)}.$$

Cette formule, dans laquelle on considère R et φ comme variables, représente une onde sphérique issue du point O, dont l'amplitude décroît (dans la région de l'espace $\varphi > \alpha$) sur la surface même de l'onde suivant une loi exponentielle. Cette onde peut donc s'appeler légitimement *onde sphérique inhomogène*.

L'existence de ces ondes est facile à constater par le dispositif suivant: On porte sur l'hypoténuse d'un prisme à réflexion totale une goutte de solution de fluorescéine; on fait tomber de la lumière sur cette goutte qui devient fluorescente et l'on observe de près, les yeux accommodés sur l'infini, la surface du cône de la réflexion totale. Il apparaît alors que l'intensité lumineuse n'est pas nulle à l'extérieur du cône, mais au contraire perceptible à l'œil. Cela tient à ce que les centres lumineux, situés à proximité de la surface du verre, envoient de la lumière dans la région de l'espace extérieure au cône et ils en envoient d'autant plus qu'ils sont plus près de la surface.

Il est à remarquer que ces ondes inhomogènes, tout en trahissant la présence d'un objet lumineux, même si cet objet est regardé du second milieu sous un angle supérieur à celui de la réflexion totale, ne peuvent former qu'une image dont l'épaisseur est nulle dans la direction de la normale à la surface de séparation.

Le problème traité ici par des moyens élémentaires peut être posé dans le cas où la source lumineuse est un double pôle de Hertz. Il s'agit alors de déterminer les lois de réflexion et de réfraction des ondes qui sortent du double pôle; la solution peut s'obtenir en utilisant, sous une forme précise, le principe du retour inverse des rayons lumineux. Nous nous en occuperons, ainsi que de quelques autres phénomènes optiques s'y rattachant, dans un prochain travail plus détaillé.

PHYSIQUE. — *Sur la preuve de la réalité de l'éther lumineux par l'expérience de l'interférographe tournant.* Note de M. G. Sagnac, présentée par M. E. Bouty.

Dans les *Comptes rendus* du 27 octobre dernier (p. 708 de ce Volume), j'ai montré qu'un interférographe dont le circuit optique entoure une certaine *aire*, et qui tourne dans le plan de ce circuit, enregistre son mouvement d'ensemble par rapport à l'éther du vide.

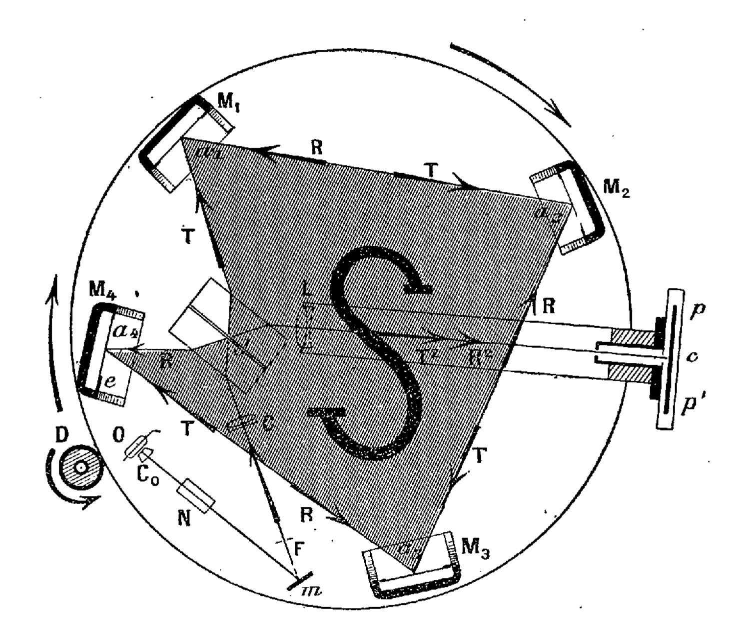
1. *L'interférographe*, déjà décrit succinctement, est représenté en plan sur la figure : un plateau tournant horizontal (50^{cm} de diamètre) porte, solidement vissées (les vis de réglage bloquées par des contre-vis), toutes les pièces optiques et aussi la source lumineuse O, petite lampe électrique à filament métallique horizontal. L'objectif de microscope C_0 projette l'image de ce filament, à travers le nicol N, sur la fente horizontale F dans le plan focal de l'objectif collimateur C; *m* est un miroir de renvoi. Le faisceau parallèle polarisé, à vibration de Fresnel verticale, se divise sur le séparateur à lame d'air $\mathfrak{s}$, comme dans l'interféromètre habituel de mes recherches (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1676), que j'ai appliqué à l'étude optique du mouvement de la Terre (*Congrès de Bruxelles*, sept. 1910, t. I, p. 207; *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 310; *Le Radium*, 1911, p. 1) : le faisceau T que transmet la lame d'air $\mathfrak{s}$ se réfléchit successivement sur quatre miroirs M et parcourt le circuit fermé $\mathfrak{s}a_1a_2a_3a_4\mathfrak{s}$ d'aire S. Le faisceau R que réfléchit la même lame d'air parcourt le même circuit en sens inverse. Au retour en $\mathfrak{s}$, le faisceau T, transmis de nouveau, et le faisceau R, réfléchi de nouveau, se superposent dans le même sens, suivant T^2 et R^2, et interfèrent au foyer principal de la lunette L sur la plaque photographique *pp'* à grain fin.

2. *Mode opératoire.* — Je rappelle que la superposition parfaite des deux faisceaux inverses T et R se caractérise par l'extinction générale du champ de la lunette pour la radiation utilisée qui est ici voisine de la radiation indigo de l'arc au mercure. A partir de là, une légère rotation ε du séparateur $\mathfrak{s}$ autour d'un axe vertical, dans le sens dextrorsum (bascule D), ou sinistrorsum (bascule S), rétrécit le champ sombre en une frange verticale centrale que bordent des franges latérales parallèles.

Les franges réglées, la plaque *pp'* calée dans son châssis et découverte à la lumière rouge, je lance progressivement un moteur électrique dont l'axe vertical porte un disque horizontal D, entouré d'un *cuir* et roulant par ce cuir sur la jante épaisse du plateau. La fréquence N désirée atteinte, je fais la pose photographiqne en établissant le courant électrique de la petite lampe O, par un contact glissant sur l'axe du plateau tournant.

3. *Sens et grandeur de l'effet tourbillonnaire optique.* — Dans l'hypothèse de l'éther de Fresnel, les ondes lumineuses T et R se propagent dans l'éther du vide avec une vitesse V_0 indépendante du mouvement d'ensemble de l'interférographe; la phase des ondes T de sens de propagation dextrorsum (*voir* la figure) est altérée le long du circuit fermé, comme si l'éther lumineux était animé d'un tourbillon sinistrorsum, quand le circuit tourne dans le sens *d* et la valeur 4πNS de ce *tourbillon*, ou *circulation* relative C de

l'éther dans le circuit optique donne, par la formule $\frac{C}{\lambda V_0}$, le retard x de phase des ondes T et l'avance égale des ondes R de propagation inverse ; les franges doivent se déplacer de $2x$ rangs. Le sens absolu de ce déplacement y des franges doit être pp', c'est-à-dire d, comme la rotation de l'interférographe (effet de sens *positif*), si la bascule du réglage est de sens D ; le



déplacement z, égal à $2y$ ou $4x$, mesuré en passant d'une photographie s à une photographie d, doit être alors de sens d. Si la bascule du réglage est de sens S, les déplacements y et z doivent changer de sens.

Sur de nombreuses épreuves, j'ai constamment observé le sens ainsi prévu. Le fait que l'effet z se renverse quand je fais tourner le séparateur $\mathfrak{s}$ d'une fraction de degré seulement, pour renverser le sens de bascule de réglage, caractérise l'effet comme différence de phase liée au mouvement de l'interférographe, et permet de le distinguer de l'effet de déformation des pièces optiques.

Voici des exemples de mesures de z comparées avec les valeurs calculées par la formule $\frac{16\pi NS}{\lambda V_0}$; j'ai déterminé la longueur d'onde λ proportionnellement à l'interfrange obtenue avec la petite lampe O et comparée à l'interfrange peu différente obtenue avec la radiation $436^{m\mu}$ d'un arc au mercure. Les mesures sont faites par l'une des deux méthodes indiquées

dans ma Note du 27 octobre dernier. La frange centrale c, claire sur le négatif étudié, et les franges latérales f sombres, ne sont bordées que de pénombres assez étroites, favorables à la précision des pointés que j'effectue à un faible grossissement, en encadrant la frange pointée entre les deux fils parallèles d'un micromètre oculaire.

	Bascule.	N.	z par c.	z par f.	z calc.
Méthode 1 ($S = 863^{cm^2}$)....	S	0,86	−0,026	»	−0,029
	D	1,88	+0,070	»	+0,065
Méthode 2 ($S = 866^{cm^2}$)....	S	2,21	−0,072	−0,078	−0,075
	S	2,35	−0,077	−0,080	−0,079

L'interférographe enregistre et mesure, par $\frac{1}{2}z$, l'effet tourbillonnaire, du premier ordre, de son mouvement d'ensemble, sans emprunter aucun repère extérieur.

Le résultat des mesures montre que, dans l'espace ambiant, la lumière se propage avec une vitesse V_0, indépendante du mouvement d'ensemble de la source lumineuse O et du système optique. Cette propriété de l'espace caractérise expérimentalement l'éther lumineux. L'interférographe mesure, par $\frac{1}{4}z\lambda V_0$, la circulation relative de l'éther lumineux dans le circuit fermé $\mathfrak{z}\, a_1 a_2 a_3 a_4 \mathfrak{z}$.

PHYSIQUE. — *Enregistrement photographique continu des spectres des rayons de Röntgen; spectre du tungstène. Influence de l'agitation thermique.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

A. J'ai soumis la méthode précédemment décrite ([1]) à des expériences de contrôle pour être assuré que les spectres obtenus, par exploration continue et automatique des radiations réfléchies, sont bien caractéristiques du corps employé comme anticathode; les faits confirment bien cette interprétation; divers tubes à anticathode de platine ou de tungstène ont fourni, régulièrement chacun, leur spectre caractéristique en employant des analyseurs variés ([2]); le sel gemme convient particulièrement bien pour ces études parce qu'il donne des images intenses.

([1]) *Comptes rendus*, 17 novembre 1913,

([2]) Par exemple avec les faces cubiques de la fluorine, de la pyrite, de la sylvine, avec une face rhomboédrique du spath. Les dispersions relatives à la réflexion sur les

L'énergie contenue dans les rayons correspondant à certaines raies est vraiment considérable; c'est ainsi qu'on peut, dans les cas favorables, obtenir un spectre complet en 15 minutes; cela ne donne que quelques secondes de pose pour les raies fines et bien marquées que le spectre contient.

Il est facile de voir qu'en faisant tourner le barillet sur lequel est placé le cristal de telle façon qu'à l'origine le rayon soit parallèle à la face réfléchissante, d'abord de zéro à α, puis de $180° - \alpha$ à $180°$, on produit sur une plaque sensible normale au faisceau incident deux spectres symétriques par rapport à l'axe de ce faisceau. Cette disposition est précieuse pour déterminer l'angle d'incidence correspondant à une raie parce qu'elle réduit l'opération à faire sur la plaque à la mesure de la distance entre deux raies fines symétriques, ce qui donne le double de l'écart de chacune, au lieu de se servir comme zéro de la trace toujours diffuse du faisceau incident.

Je voudrais insister également sur les avantages que présente la comparaison du même spectre enregistré simultanément sur deux plaques séparées par un écran absorbant; cela permet, notamment, de séparer les spectres des divers ordres au moyen de leur pénétration et d'étudier les spectres d'absorption dont l'importance paraît considérable.

B. L'enregistrement photographique continu fournit simultanément plusieurs spectres dus à des réflexions sur des plans réticulaires différents qui sont entraînés par la rotation du cristal. Il est facile de déterminer les caractéristiques de ces plans ainsi que de mesurer la dispersion qui leur est propre et d'avoir ainsi *d'un seul coup* les valeurs relatives de leur densité en centres de diffraction.

C. Voici la description du spectre obtenu en employant une anticathode de *tungstène* et un analyseur de sel gemme.

	90° — angle d'incidence sur la face cubique de NaCl.
Bande intense nette vers les grands λ	de 0° à 3°50′ environ
Bande moins intense, peut être terminée par des raies	3°50′ à 9° environ
Raie fine, intensité moyenne	10°25′
Doublet. I intense	11°55′
Doublet. II intensité moyenne	12°20′
Raie, intensité moyenne	14°30′

---

faces cubiques sont très voisines pour le sel gemme, la fluorine, la sylvine. La pyrite disperse un peu plus. Il est facile de construire des piles de différents cristaux ayant une face dans le même plan réflecteur et de comparer directement leurs dispersions sur un même cliché.

D. *Influence de la température :*

L'enregistrement des intensités des rayons en fonction de leur longueur d'onde et de leur angle de diffraction est également tout à fait approprié aux recherches concernant l'effet de la température du cristal sur l'intensité des faisceaux diffractés.

On sait que M. Debye [1] a donné récemment une remarquable formule qui fournit l'expression de l'intensité d'un maximum de diffraction d'un faisceau de Röntgen de longueur d'onde λ par un cristal à la température absolue T; cette intensité est proportionnelle à

$$e^{-2\varepsilon(1-\cos\delta)}, \tag{1}$$

δ étant l'angle entre le rayon incident et le rayon diffracté, et

$$\varepsilon = \frac{4\pi^2 K}{f}\,\frac{T}{\lambda^2},$$

K étant une constante universelle et f une grandeur élastique du cristal (liée à ce que l'on a appelé les périodes propres des corps).

Mais l'on peut observer que λ et $1-\cos\delta$ ne sont pas indépendants; on a en effet la relation

$$n\lambda = 2\,d\sin\frac{\delta}{2},$$

où d est l'équidistance des plans parallèles au plan réflecteur qui fournit le maximum de diffraction et n l'ordre du spectre.

Si

$$n = 1, \qquad \lambda = 2d\sin\frac{\delta}{2}, \qquad 2\sin^2\frac{\delta}{2} = 1-\cos\delta = \frac{\lambda^2}{2d^2}.$$

En substituant dans (1), cette expression ne contient plus ni δ, ni λ, elle ne dépend plus que de T pour un cristal donné. En un mot, avec la restriction relative à l'ordre du spectre, l'effet de la température sur l'intensité d'un maximum de diffraction ne dépend pas de l'angle que fait, avec le faisceau incident, la direction de ce maximum, ou plutôt elle n'en dépend que très indirectement par l'intermédiaire de la quantité d. Cela affaiblit l'explication que la théorie thermique apportait des phénomènes exceptionnels présentés par le diamant.

L'expérience m'avait déjà fourni [2] la vérification anticipée d'une première conséquence de la théorie de M. Debye, c'est-à-dire le fait, assez surprenant au premier abord, de la netteté des maxima de diffraction, qui se présente comme indépendante de la température.

---

(1) P. Debye, *Berichte der deutschen physikalischen Gesellschaft*, 1913, nos 15, 16 et 17.

(2) *Comptes rendus*, 1913.

La variation avec la température de l'intensité relative de ces maxima m'a paru plus faible (¹) que ne l'indiquait la formule de M. Debye sous son aspect primitif; mais la remarque précédente permettra vraisemblablement d'expliquer les divergences observées.

PHYSIQUE. — *Sur l'observation du mouvement brownien aux grossissements linéaires supérieurs à vingt mille.* Note de M. F. **Bourrières**, présentée par M. E. Bouty.

La limite du pouvoir séparateur du microscope rend inutile, pour les études *morphologiques*, l'usage de grossissements supérieurs à 1000 ou 1500. Au-dessus, les images s'estompent et ne donnent pas plus de détail.

En ce qui concerne, au contraire, les études *cinématiques*, l'usage de très forts grossissements présente une grande supériorité. Avec un éclairage sur fond noir, le mouvement du centre de la tache lumineuse donne, très exacte, quoique très amplifiée, la trajectoire de la particule ultramicroscopique elle-même.

Le dispositif le plus obvié et le plus facilement réalisable, pour obtenir d'énormes grossissements, consiste à remplacer, dans le microscope ordinaire, l'oculaire par le tube complet d'un autre microscope. Ce deuxième tube s'adapte facilement en enfonçant son extrémité comme un bouchon dans le premier.

Les premières observations faites avec ce montage ont été les suivantes :

Une solution colloïdale d'argent pur fut mise devant l'objectif. Préparée avec grand soin, elle avait été amenée à une concentration telle que la distance moyenne des granules était de 2 à 3 microns. La méthode de concentration employée est celle de Malfitano, mise en œuvre avec des précautions particulières.

Lors du plus fort grossissement réalisé, le microscope fondamental était un Zeiss (objectif DD de grandissement voisin de 50). Le microscope remplaçant l'oculaire avait un grossissement total de 400. L'éclairage ultramicroscopique du dispositif Cotton et Mouton était donné par une simple lampe Nernst. Le grossissement total était de 20000. Il y avait presque toujours une granule visible dans le champ, parfois deux ou trois.

Le mouvement brownien a apparu comme composé de deux mouvements : le premier d'amplitude de l'ordre du micron assez net, mais d'une

(¹) *Le Radium*, juillet et août 1913.

grande douceur et élasticité d'ensemble, tenant tout le champ; l'autre d'amplitude de l'ordre de $\frac{1}{50}$ de micron, d'allure vive et trépidante.

Avec un éclairage très intense et deux très bons microscopes, la technique précédente pourra permettre un usage avantageux de grossissements plus forts, au moins tant que la rareté des particules dans le champ, la grandeur et la vitesse apparente de la tache lumineuse ne deviendront pas trop considérables.

En pratique, il est bon pour l'éducation de l'œil, de ne pas aborder tout de suite les énormes grossissements et de passer par une gamme de grossissements croissants.

PHYSIQUE. — *La loi des courants de lueur dans les champs cylindriques.* Note de M. V. **Schaffers**, présentée par M. Branly.

1. J.-J. Thomson a essayé de déduire de l'équation de Poisson la relation entre le potentiel et l'intensité du courant sur un fil placé dans l'axe d'un cylindre. En prenant le même point de départ, nous arrivons à une formule beaucoup plus satisfaisante, savoir :

$$i = \frac{kl}{2}\left[\frac{V - V_c}{b \log \frac{b}{a}}\right]^2, \tag{A}$$

où k est la mobilité, l la longueur du cylindre, b son rayon, a le rayon r du fil augmenté de la distance d'ionisation, V_c le potentiel initial, log le logarithme népérien.

Analytiquement, l'établissement de cette formule n'est pas sûr, mais l'accord avec les très nombreuses mesures effectuées est extrêmement remarquable lorsque $\frac{b}{a}$ vaut au moins 100, ou lorsque $\frac{b}{r}$ vaut au moins 1000. La distance d'ionisation à employer est $0^{cm},03$.

Le potentiel initial calculé V_c est toujours inférieur au potentiel initial mesuré. On a, suivant le signe, $V_c - 350 = 60\,000\sqrt{r}$ ou $V_c = 66\,000\sqrt{r}$, en volts, quel que soit b. La mobilité k est également indépendante de b, mais elle varie, entre les valeurs $0^{cm},00038$ et $0^{cm},00385$ du rayon r, de 8000 à 14000 environ quand le fil est positif, de 11500 à 15000 quand il est négatif, les unités étant celles du système électrostatique. On sait que les ions ordinaires de l'air donnent respectivement 400 et 540.

2. Quand $\frac{b}{r} < 1000$, les courbes construites avec les résultats des mesures se tendent de plus en plus à mesure que $\frac{b}{r}$ décroît, et se rapprochent visiblement d'une droite. Empiriquement, on les représente très bien par l'équation

$$(B) \qquad i = \frac{kl}{2}\left[\frac{V - V_c}{b \log \frac{b}{a}}\right]^{\log \frac{b}{a}}$$

qui peut même être considérée comme tout à fait générale, en convenant de remplacer $\log \frac{b}{a}$ par 2 du moment qu'il dépasse cette valeur (log représente le logarithme décimal). D'autre part, $\log \frac{b}{a}$ ne descend pas au-dessous de l'unité, cas limite qui correspondrait à la caractéristique linéaire, préconisée par quelques auteurs dans certains cas des courants de pointe.

Les mobilités à employer croissent considérablement avec le rayon du fil et décroissent quand on fait croître celui du cylindre.

3. Les deux formes de la loi précédente sont mal obéies pour les très faibles intensités, jusqu'à ce que la densité de courant à la distance $0^{cm},03$ du fil atteigne $1,6 \times 10^{-6}$ ampère, quels que soient les rayons r et b. Cette densité paraît être celle qui fait atteindre à la lueur l'épaisseur constante ($0^{cm},06$ environ) qu'elle garde quand on fait croître le courant.

4. La condition dont dépend l'extension en surface de la lueur est plus difficile à déterminer. Elle semble être que la densité de courant garde la valeur $0,25 \times 10^{-6}$ ampère à la distance $0^{cm},03$. Cette valeur est identiquement celle qu'on trouve en extrapolant pour la pression atmosphérique la formule donnée par H.-A. Wilson pour le vide de Geissler.

5. Le rapport des intensités négative et positive sous un même potentiel est loin d'être constant. Supérieur à l'unité sur les fils fins, il diminue quand on fait croître le rayon du cylindre, et semble tendre vers une limite qui serait peut-être l'unité dans des cylindres plus larges que les nôtres. Sur les gros fils, on a toujours un rapport inférieur à l'unité, mais qui croît avec le rayon du cylindre.

6. La variabilité de k avec r semble difficile à interpréter. On peut la faire disparaître en remplaçant $\log \frac{b}{a}$ par $\log \frac{b}{r}$. On trouve alors des k indé-

pendants de r et, de plus, on trouve les mêmes avec les deux formules (A) et (B). Seulement, les mobilités positives deviennent alors inversement proportionnelles à $b^{\frac{1}{6}}$, les négatives à $b^{\frac{1}{2}}$, et par suite leur rapport à $b^{\frac{1}{3}}$.

7. La distance $0^{cm},03$, comptée à partir de la surface du fil, figure dans les principales des lois énoncées dans cette Note. Il en était de même dans notre première Note sur les potentiels initiaux observés (t. 157, p. 203, 21 juillet 1903). Cette distance n'est donc pas sans jouer un rôle important, qui reste encore à préciser.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Expression des vitesses de transformation des systèmes physico-chimiques en fonction de l'affinité.* Note de M. **R. Marcelin**, présentée par M. Lippmann.

Si d'une phase on extrait une des substances qui la compose, en laissant la masse homogène et sans changer ni sa température, ni son volume, la variation d'énergie utilisable divisée par la quantité de substance retranchée mesure au signe près l'affinité de la substance pour la phase donnée.

Cette définition n'épuise pas tout le contenu que nous mettons intuitivement dans la notion d'affinité; en particulier, elle laisse de côté les relations qui doivent exister entre l'affinité et les vitesses de transformation. Pour combler cette lacune, il suffit *de dresser la liste des formules qui traduisent les résultats expérimentaux de la dynamique physico-chimique et de mettre en évidence dans chacune d'elles les affinités des substances en présence; on constate alors qu'elles se ramènent toutes à une forme unique.* Procédant ainsi, je suis parvenu à l'énoncé suivant : Un complexe physico-chimique en voie de transformation est constitué par deux systèmes qui évoluent en sens inverse : le système progressif dont la masse augmente, le système régressif dont la masse diminue. La vitesse qu'on observe v est la résultante des vitesses de chacun d'eux, son expression est donnée par la formule

$$v = M\left[\exp\left(-\frac{\mathcal{A}_1}{RT}\right) - \exp\left(-\frac{\mathcal{A}_2}{RT}\right)\right], \quad (1)$$

M est une constante dépendant seulement de la température et de la nature des corps en présence, R désigne la constante des gaz, T la température absolue, $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ représentent respectivement les affinités du système régressif et du système progressif à l'instant où l'on mesure la vitesse v.

Comme je l'ai indiqué, cette formule est, *en dehors de toute théorie*, une traduction littérale de l'expérience; elle a l'avantage de se présenter comme une généralisation de la Thermodynamique classique.

Dans une Note précédente [1] j'en ai fait l'application à l'étude des vitesses de réaction en milieu homogène et des vitesses de cristallisation; je vais ici donner de nouveaux exemples :

Diffusion. — Considérons un vase de section unité; au-dessous d'un plan horizontal P se trouve une solution de concentration moléculaire c_1, occupant un volume V_1 et contenant par conséquent $N_1 = c_1 V_1$ molécules-grammes; au-dessus du plan P se trouve la même solution à la concentration c_2, occupant le volume V_2 et contenant par suite $N_2 = c_2 V_2$ molécules-grammes. Si $c_1 > c_2$ la partie inférieure du vase constitue le système régressif I et la partie supérieure, le système progressif II. Il s'agit de savoir combien le premier système abandonne *en définitive* de molécules-grammes à l'autre durant une seconde.

Pour calculer les affinités nous utiliserons une solution auxiliaire de concentration A; nous écrirons $\mathcal{A}_A$ pour l'énergie utilisable d'une molécule-gramme du corps dissous dans cette solution.

Ces notations étant posées, calculons l'énergie utilisable ψ_1 du premier système. On pourrait reconstituer celui-ci en faisant usage de parois hémi-perméables, il suffirait de détendre isothermiquement N_1 molécules-grammes de la solution auxiliaire depuis la concentration A jusqu'à la concentration c_1. On a, par suite,

$$\psi_1 = N_1\left(\mathcal{A}_A + \mathrm{RTL}n\frac{c_1}{A}\right)$$

et

$$\mathcal{A}_1 = -\frac{d\psi_1}{dN_1} = -\left(\mathcal{A}_A + \mathrm{RTL}n\frac{c_1}{A} + \frac{N_1 \mathrm{RT}}{c_1}\frac{dc_1}{dN_1}\right);$$

mais

$$c_1 = \frac{N_1}{V_1}, \qquad \frac{1}{c_1}\frac{dc_1}{dN_1} = \frac{1}{N_1}.$$

Donc

$$\mathcal{A}_1 = -\left(\mathcal{A}_A + \mathrm{RTL}n\frac{c_1}{A} + \mathrm{RT}\right),$$

de même,

$$\mathcal{A}_2 = -\left(\mathcal{A}_A + \mathrm{RTL}n\frac{c_2}{A} + \mathrm{RT}\right).$$

[1] *Comptes rendus*, t. 151, 5 décembre 1910, p. 1052. Très peu de temps après cette Note le professeur Kohnstamm et le Dr Scheffer de l'Université d'Amsterdam publiaient d'une manière indépendante des résultats très voisins. (Communication à l'Académie royale des Pays-Bas, 24 décembre 1910.)

En remplaçant dans la formule générale (1), il vient

$$v = \mathrm{M} \exp\left(\frac{\mathcal{A}_A}{\mathrm{RT}} + 1\right)\left(\frac{c_1 - c_2}{\mathrm{A}}\right),$$

ou, en désignant par k une nouvelle constante,

$$v = k(c_1 - c_2),$$

Évaporation, sublimation, dissolution. — Dans un récipient de volume V se trouvent N_1 molécules-grammes de liquide (système régressif) et N_2 molécules-grammes de vapeur occupant un volume V_2 (système progressif). On désire connaître la vitesse d'évaporation v dans ces conditions.

Nous désignerons par $\mathcal{A}_L$ l'affinité d'une molécule-gramme du liquide; on aura par suite, pour le système régressif,

$$\mathcal{A}_1 = \mathcal{A}_L.$$

Sous la tension maxima de vapeur P du liquide à la température absolue considérée T, vaporisons N_1 molécules-grammes du liquide, on a

$$\Delta_1 \psi_2 = - N_2 \mathrm{PV} = - N_2 \mathrm{RT}.$$

Amenons à température constante la pression de la valeur P à la valeur p qu'on observe dans le récipient à l'instant où l'on mesure la vitesse v, il vient

$$\Delta_2 \psi_2 = - N_2 \mathrm{RTL}n \frac{\mathrm{P}}{p},$$

A la suite de ces opérations, on constitue un système identique progressif; celui-ci a donc, pour énergie ulilisable,

$$\psi_2 = N_2 \mathcal{A}_L + \Delta_1 \psi_2 + \Delta_2 \psi_2 = N_2\left(\mathcal{A}_L - \mathrm{RT} - \mathrm{RTL}n \frac{\mathrm{P}}{p}\right).$$

On en conclut

$$\mathcal{A}_2 = -\frac{d\psi_2}{dN_2} = -\mathcal{A}_L + \mathrm{RT} + \mathrm{RTL}n \frac{\mathrm{P}}{p} - \frac{N_2 \mathrm{RT}}{p} \frac{dp}{dN_2};$$

mais

$$p V_2 = N_2 \mathrm{RT} \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{p} \frac{dp}{dN_2} = \frac{1}{N_2}.$$

Donc

$$\mathcal{A}_2 = -\mathcal{A}_L + \mathrm{RTL}n \frac{\mathrm{P}}{p}.$$

Par application de la formule générale (1), il vient maintenant

$$v = \mathrm{M} \exp.(\mathcal{A}_L)\left(1 - \frac{p}{\mathrm{P}}\right) = \mathrm{K}\frac{\mathrm{P} - p}{\mathrm{P}}.$$

Même démonstration dans le cas de la sublimation et de la déshydratation des cristaux. En utilisant la notion de pression osmotique on trouverait, dans le cas de la dissolution,

$$v = k\frac{S - s}{S},$$

s désignant la concentration actuelle et S la concentration de la liqueur saturée (coefficient de solubilité).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption des rayons ultraviolets par les alcaloïdes du groupe de la morphine et par le phénanthrène.* Note de MM. **M. Gompel** et **Victor Henri**, présentée par M. A. Dastre.

Nous avons examiné trois alcaloïdes du groupe de la morphine : la morphine, la codéine et l'apomorphine.

Ces alcaloïdes contenant un noyau phénanthrénique, nous avons étudié également l'absorption par le phénanthrène.

La formule de constitution de la morphine et de son dérivé méthylé, la codéine, n'est pas encore complètement établie; les auteurs ne s'accordent pas en ce qui concerne la place des deux hydrogènes additionnels et de la chaîne latérale azotée — $CH^2 - CH^2 - N(CH^3)$ —.

Pschorr, Winterstein et Trier placent les hydrogènes additionnels sur les carbones 2 et 9, et rattachent la chaîne azotée aux carbones 1 et 10. Knorr et Hörlein, dont la formule est acceptée par Béhal, rattachent la chaîne azotée aux carbones 4 et 10. Cette dernière formule est en effet la suivante :

Morphine :

CH
OH — C CH
C C
O C CH²
CH CH — N — CH³
C CH² CH²
OH — CH CH
CH²

Phénanthrène :

CH
CH CH
CH C
C CH
C CH
CH C
CH CH
CH

On voit qu'au lieu des sept liaisons doubles du phénanthrène on n'en a dans la morphine et dans la codéine que quatre.

L'apomorphine se rapproche au point de vue de sa constitution bien plus

du phénanthrène que la morphine et la codéine; en effet, sa formule est la suivante. On voit qu'elle contient six liaisons doubles. Il n'y a que la liaison double entre les carbones 9 et 10 qui manque dans cette formule.

Apomorphine :

CH
OH — C CH
OH — C C
C CH^2
C CH
CH C N — CH^3
CH C CH^2
CH CH^2

L'étude de l'absorption des rayons ultraviolets permet de justifier ces diverses formules de constitution. En effet, nous savons que l'absorption est d'autant plus intense que le nombre de liaisons doubles est plus grand et de plus que, toutes les fois que dans une molécule on remplace des hydrogènes par des groupements plus ou moins compliqués, on augmente l'absorption.

Nous donnons les courbes d'absorption quantitatives pour le phénanthrène, la morphine, et l'apomorphine. Pour pouvoir représenter ces courbes sur le même graphique nous avons porté en ordonnées les logarithmes des constantes d'absorption moléculaires $\log \varepsilon$, ε étant défini par la formule $\mathcal{J}_0 = \mathcal{J}.10^{\varepsilon cd}$, où c est la concentration moléculaire et d l'épaisseur en centimètres.

Résultats. — 1° La courbe d'absorption du phénanthrène peut être décomposée en trois régions :

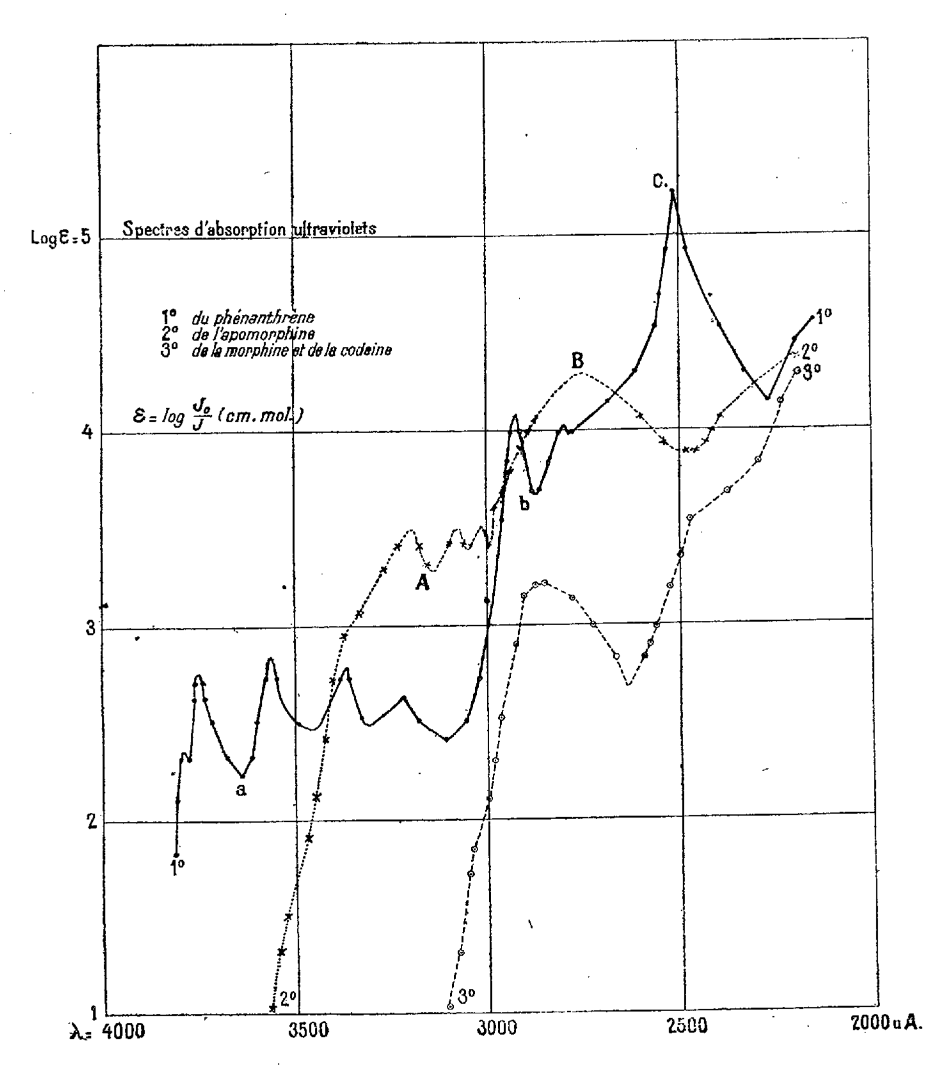
a. Celle comprise entre $\lambda = 3800$ et 3050; dans cette région, ε varie entre 200 et 600, et la courbe présente cinq bandes d'absorption pour $\lambda = 3792$, 3755, 3568, 3376 et 3226;

b. La région comprise entre 2990 et 2700 ; ε varie ici entre 2000 et 10000, et la courbe présente deux bandes d'absorption, l'une forte pour $\lambda = 2925$ ($\varepsilon = 12000$) et l'autre faible pour $\lambda = 2810$ ($\varepsilon = 9700$);

c. La région entre 2700 et 2144; ε varie ici entre 10000 et 135000, et la courbe présente une bande très intense pour $\lambda = 2503$ ($\varepsilon = 135000$).

2° La morphine et la codéine possèdent des courbes d'absorption qui sont presque identiques entre elles; celle de la codéine est un peu plus

élevée que celle de la morphine. Ces courbes présentent une seule bande d'absorption large pour $\lambda = 2850$, $\varepsilon = 1600$; au delà du maximum, la courbe passe par un minimum pour $\lambda = 2620$, $\varepsilon = 480$ et remonte ensuite de plus en plus jusqu'à 2195, $\varepsilon = 20000$.



3° Si l'on veut se servir de la méthode spectrographique pour doser la morphine ou la codéine dans un liquide quelconque, il faut que l'extrait contienne au moins $0^{mg},1$ dans 1^{cm^3}, et l'on peut faire le dosage de cette quantité à 5 pour 100 près.

4° La courbe d'absorption de l'apomorphine se rapproche beaucoup de

celle du phénanthrène et diffère assez fortement de celle de la morphine; en effet, on peut distinguer dans cette courbe deux régions :

A. Celle comprise entre $\lambda = 3300$ et 2985; ε varie ici de 1300 à 3500 et la courbe présente trois petites bandes d'absorption pour $\lambda = 3200$, 3078 et 3026. Cette région est comparable à la région *a* du spectre du phénanthrène;

B. La région entre 2985 et 2195; dans cette région, nous trouvons une seule bande d'absorption pour $\lambda = 2785$, $\varepsilon = 20000$; la courbe passe ensuite par un minimum pour $\lambda = 2474$ et remonte ensuite jusqu'à $\varepsilon = 23700$ pour $\lambda = 2195$. Cette région est comparable à la portion *b* du spectre du phénanthrène.

Nous remarquons donc que l'absorption de l'apomorphine est bien plus forte que celle de la morphine; le dosage pourrait être fait par la spectrographie sur $\frac{1}{100}$ de milligramme.

5° La forte bande du phénanthrène manque dans l'apomorphine, nous pouvons donc conclure que cette bande d'absorption pour $\lambda = 2503$ est produite par la liaison double entre les carbones 9 et 10; cette liaison double est, en effet, saturée dans l'apomorphine. L'influence de cette liaison double est très grande, puisqu'elle se trouve en position conjuguée par rapport aux deux noyaux benzéniques extrêmes du phénanthrène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les lois d'absorption de l'oxyde de carbone par le sang* in vitro. Note de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Dastre.

Cette étude a fait récemment l'objet d'un travail important de C.-G. Douglas, J.-S. Haldane et J.-B.-S. Haldane [1]. Ces auteurs, en employant une méthode de dosage colorimétrique, dite *méthode au carmin*, qui ne demande que $0^{cm^3},05$ de sang et qui fournit, non des chiffres absolus, mais le rapport de la quantité d'hémoglobine oxycarbonée à l'hémoglobine totale, ont néammoins fort bien mis en évidence les principaux éléments de la solution de cet intéressant problème. J'ai pensé toutefois, en raison même de son importance, qu'il y avait lieu de reprendre, de compléter cette question et cela en mettant en œuvre la méthode d'extraction de l'oxyde de

(1) *The laws of combinaison of Hæmoglobin with carbon monoxide and oxygen* (*The Journal of Physiology*, t. XLIV, 1912, p. 275-304).

carbone du sang que j'ai fait connaître en juillet dernier ([1]), méthode d'une simplicité extrême, d'une exactitude très suffisante, qui permet des dosages en série par l'emploi d'un appareil peu compliqué.

I. *Le partage de l'hémoglobine mise au contact de mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène au point de vue théorique.* — L'oxyde de carbone pur déplace l'oxygène du sang (Cl. Bernard); inversement, l'oxygène pur, comme on peut le démontrer par l'expérience, déplace l'oxyde de carbone du sang; l'équation réversible suivante représente ces deux réactions :

$$HbO^2 + CO \rightleftharpoons HbCO + O^2.$$

Si nous considérons maintenant un mélange des deux gaz mis au contact du sang, ceux-ci entreront d'abord en dissolution dans le plasma qui entoure les globules, et ensuite, entre le plasma et l'hémoglobine formant un système homogène, s'établira un équilibre régi par la loi d'action de masses.

Appelons C_1 la concentration de l'hémoglobine oxygénée, C_2 celle de l'oxyde de carbone dans le plasma; C_3 la concentration de l'hémoglobine oxycarbonée, C_4 celle de l'oxygène dans le plasma; l'application de la loi de Guldberg et Waage donne

$$(1) \qquad \frac{C_1 \times C_2}{C_3 \times C_4} = k.$$

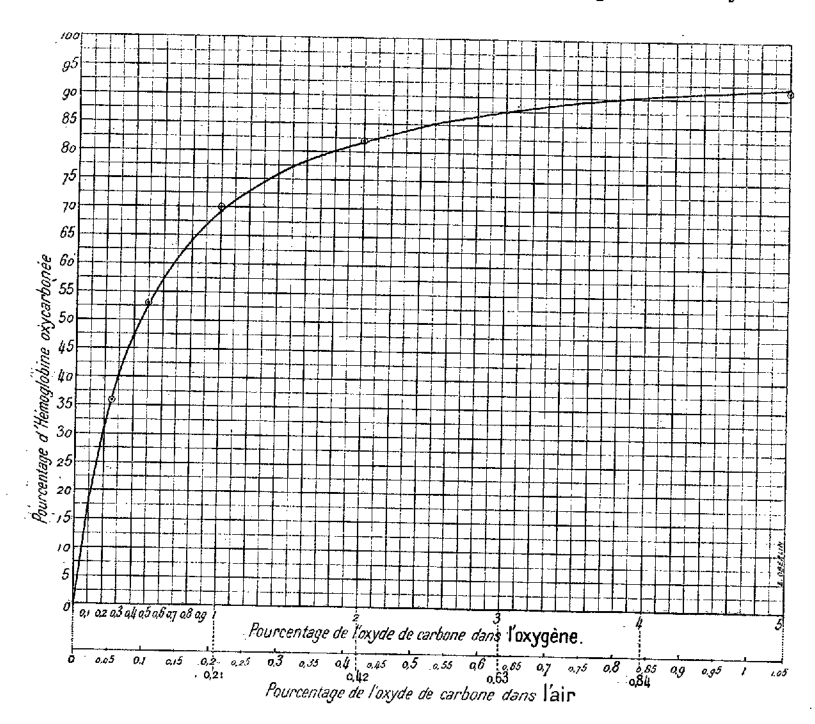
Exprimons en pour cent de l'hémoglobine totale : les concentrations, y de l'hémoglobine oxycarbonée, $100 - y$ de l'hémoglobine oxygénée, et ramenons la concentration des gaz dans le plasma à leur tension respective dans le mélange gazeux, exprimée en pour cent de chacun des deux gaz dans le mélange : x pour l'oxyde de carbone, $100 - x$ pour l'oxygène; l'équation (1) devient alors

$$(2) \qquad \frac{(100 - y) \times x}{y \times (100 - x)} = K \quad \text{ou} \quad y = \frac{100\,x}{x(1 - K) + 100\,K}.$$

La courbe représentée par l'équation (2) est une hyperbole équilatère passant par les points $x = 0$, $y = 0$ et $x = 100$, $y = 100$; son asymptote parallèle à l'axe des y a pour valeur $x = -\frac{100K}{1 - K}$, son asymptote parallèle à l'axe des x a pour valeur $y = \frac{100}{1 - K}$.

([1]) Appareil pour l'extraction de l'oxyde de carbone du sang. Applications. (*Soc. Biol.*, 1913, t. LXXV, p. 57; *Bull. Soc. chim. de France*, 1913, 4e s., t. XIII, p. 947.)

II. *Vérifications expérimentales. Valeur de la constante* K. — Le sang, de porc, oxygéné ou oxycarboné au maximum, est agité violemment, aussi longtemps qu'il est nécessaire pour atteindre l'équilibre, en présence d'atmosphères d'oxyde de carbone



et d'oxygène de composition déterminée et en volume pratiquement indéfini (¹). Voici les résultats des deux séries d'expériences :

PREMIÈRE SÉRIE.

Sang *oxygéné*, soumis à l'action du mélange gazeux CO + O :

Pourcentage de CO dans l'oxygène x.	Temps nécessaire pour l'équilibre.	CO du sang (p. 100cm³).	Capacité maxima du sang pour CO (p. 100cm³).	Pourcentage de l'hémoglobine oxycarbonée, y.	Valeur de K.
	h	cm³	cm³		
0,25	9	8,5	23,7	8,5 : 23,7 × 100 = 35,9	0,00446
0,50	6	11,8	22,35	11,8 : 22,35 × 100 = 52,8	0,00449
1	5.30	16,3	23,5	16,3 : 23,5 × 100 = 69,3	0,00447
2	4	18,95	23,15	18,95 : 23,15 × 100 = 82,0	0,00448

(¹) Les détails des expériences seront décrits dans un Mémoire d'ensemble qui paraîtra dans le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*.

DEUXIÈME SÉRIE.

Sang *oxycarboné*, soumis à l'action du mélange gazeux $CO + O$:

Pourcentage de CO dans l'oxygène x.	Temps nécessaire pour l'équilibre.	CO du sang (p. 100cm³).	Capacité maxima du sang pour CO (p. 100cm³).	Pourcentage de l'hémoglobine oxycarbonée, y.	Valeur de K.
	h	cm³	cm³		
0,50	4.45	11,9	22,35	$11,9 : 22,35 \times 100 = 53,2$	0,00444
1	2	16,6	23,5	$16,6 : 23,5 \times 100 = 70,6$	0,00422
5	1	22,25	24,3	$22,25 : 24,3 \times 100 = 91,5$	0,00489
				Moyenne.....	0,0045

La courbe ci-dessus [1], dans laquelle les points marqués ⊙ sont les points expérimentaux, a été construite pour la valeur moyenne de la constante $K = 0,0045$.

Cette constante a la même valeur pour des mélanges d'oxyde de carbone et d'air, enrichi ou non avec de l'oxygène, à la seule condition de calculer le volume de CO par rapport au volume de l'oxygène dans le mélange, ce qui justifie la seconde échelle d'abscisses mentionnée sur la courbe.

En résumé, l'hémoglobine des globules sanguins, mise au contact de mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène, se combine aux deux gaz, dans des proportions définies par leur tension respective dans le mélange et régies par la loi d'action de masses.

Il en est de même pour des mélanges d'oxyde de carbone et d'air, il suffit de ne considérer dans l'air que son seul composant : l'oxygène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éthérification catalytique par voie humide.* Note de M. F. **Bodroux**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. 157, p. 938) j'ai montré que, en présence de solutions aqueuses d'acides minéraux, divers acides organiques éthérifient avec un bon rendement les premiers alcools primaires de la série $C^nH^{2n+2}O$.

Poursuivant mes recherches, j'ai constaté les faits suivants :

L'alcool allylique, le propanol-2, le cyclohexanol ne sont transformés que partiellement en éthers par les acides acétique, chloracétique, propio-

(1) Une des hyperboles des auteurs anglais (*loc. cit.*) construite pour le sang de l'homme, se confond presque avec celle-ci.

nique, butyrique; dans les conditions les plus favorables, le rendement ne dépasse pas 50 pour 100. Avec un alcool tertiaire, le diméthyléthylcarbinol, les résultats obtenus ont été encore plus mauvais.

Les acides oxalique et succinique ne réagissent pas en présence d'un catalyseur en solution aqueuse sur les alcools méthylique, éthylique, propylique; cependant, l'acide oxalique mis en contact à la température ordinaire avec les alcools isobutylique et amylique dissous dans leur volume d'acide chlorhydrique commercial, les éthérifie partiellement. L'acide lactique est resté sans action, dans tous les cas, sur les alcools éthylique et amylique.

Les acides acétique, chloracétique, propionique n'ont pas réagi dans mes expériences sur la glycérine et la mannite.

Il semble donc que la faculté de donner naissance, *dans de bonnes conditions*, en présence de l'eau et d'un catalyseur acide, à des éthers-sels, soit spéciale à certains acides monobasiques à fonction simple et aux alcools primaires saturés de la série aliphatique.

Comment peut-on expliquer l'action du catalyseur?

Dans l'éthérification d'un alcool par un acide organique en présence de SO^4H^2, on admet qu'il y a formation d'un composé intermédiaire, éther sulfurique acide (Williamson) ou neutre (Senderens et Aboulenc), qui sert de pivot à la réaction.

Si la formation d'un éther sulfurique se justifie dans le cas où les composés organiques sont à peu près anhydres, il n'en est pas de même dans les réactions que j'ai indiquées, réactions qui utilisent une faible proportion du catalyseur et qui s'effectuent au sein d'une grande quantité d'eau, souvent au voisinage de 100°.

Mais, en ce qui concerne SO^4H^2, en admettant que la même théorie soit applicable, celle-ci sera en défaut quand on utilisera un autre acide, HCl par exemple, lequel dans les mêmes conditions fournit des résultats identiques.

Il est en effet inadmissible qu'en solution aqueuse très étendue, et à température relativement basse, un alcool soit transformé en éther chlorhydrique, lequel ferait aussitôt double décomposition avec l'acide organique employé.

Pour expliquer le rôle de HCl dans l'éthérification, Berthelot [1] a supposé l'existence d'un composé d'addition de l'acide minéral et de l'al-

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. XXXI, p. 342.

cool. Je pense qu'il est préférable d'admettre qu'un composé d'addition prend naissance aux dépens de l'acide organique.

Désignons par XH, un acide minéral quelconque; nous aurons les équations :

$$\mathrm{R-C}\begin{matrix}\diagup\mathrm{OH}\\ \diagdown\!\!\diagdown\mathrm{O}\end{matrix} + \mathrm{XH} = \mathrm{R-C}\begin{matrix}\diagup\mathrm{OH}\\ -\mathrm{OH}\\ \diagdown\mathrm{X}\end{matrix}$$

$$\mathrm{R-C}\begin{matrix}\diagup\mathrm{OH}\\ -\mathrm{OH}\\ \diagdown\mathrm{X}\end{matrix} + \mathrm{R'-CH^2OH} = \mathrm{XH} + \mathrm{R-C}\begin{matrix}\diagup\boxed{\mathrm{O\,H}}\\ -\mathrm{O}\boxed{\mathrm{H}}\\ \diagdown\mathrm{O-CH^2-R'}\end{matrix}$$
$$= \mathrm{XH} + \mathrm{R-COO-CH^2-R'} + \mathrm{H^2O}.$$

XH régénéré se combinera avec une nouvelle molécule de l'acide organique; le produit d'addition formé sera ensuite décomposé par l'alcool, avec mise en liberté de XH, et ainsi de suite.

L'hypothèse de la formation du composé

$$\mathrm{R-C}\begin{matrix}\diagup\mathrm{OH}\\ -\mathrm{OH},\\ \diagdown\mathrm{X}\end{matrix}$$

hypothèse que viennent appuyer l'existence d'hydrates d'acides organiques et l'aptitude que possèdent les substances renfermant dans leur molécule le groupement

$$\rangle\mathrm{C=O}$$

de fournir dans un grand nombre de cas des dérivés d'addition, permet d'expliquer la formation catalytique, par voie humide, de tous les éthers-sels, quelle que soit la nature du catalyseur acide et quelles que soient les conditions expérimentales dans lesquelles cette catalyse s'est effectuée.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une prétendue séparation du radium* D *d'avec le plomb dans le plomb actif au moyen de la réaction de Grignard.* Note de M. **Charles Staehling**, présentée par M. A. Haller.

La question de la séparabilité de certains éléments, qui se présentent à nous invariablement liés à certains autres, tels que l'uranium II dans l'uranium ou le radium D dans le plomb actif, éléments dont l'existence individuelle est prévue ou démontrée par la théorie de la radioactivité, mais que l'expérience n'est pas parvenue jusqu'ici à isoler des mélanges où ils se trouvent, est aujourd'hui à l'ordre du jour.

Cette question a, comme on sait, été tranchée négativement par un grand nombre

de chercheurs, qui, admettant une inséparabilité absolue de ces éléments, ont introduit la notion nouvelle de corps de poids atomique différent, mais de propriétés physico-chimiques identiques.

Au cours de recherches relatives à cette question, il nous a paru intéressant de reprendre un travail de MM. Hofmann et Wölfl, en contradiction formelle avec cette nouvelle manière de voir.

Ces auteurs ont publié (*Berichte der deut. chem. Gesell.*, 1907, t. II, p. 2425) une méthode de séparation nette du radium D d'avec le plomb dans le plomb actif, au moyen de la réaction de Grignard, méthode qui, sur la foi de cette communication, a d'ailleurs été citée comme une des applications les plus intéressantes de la dite réaction.

MM. Hofmann et Wölfl préparent le tétraphénylplomb en faisant agir le bromure de phénylmagnésium sur le chlorure de plomb.

La réaction, qui peut s'écrire

$$2PbCl^2 + 4C^6H^5MgBr = (C^6H^5)^4Pb + Pb + 4MgBrCl,$$

laisse d'une part du tétraphénylplomb et d'autre part du plomb métallique.

En opérant avec du plomb actif, MM. Hofmann et Wölfl estiment avoir démontré que le radium D n'entre pas dans le composé organique, si bien qu'ils isolent, en dernière analyse, d'une part, du plomb enrichi en radium D et, d'autre part, du plomb inactif.

Nous avons cherché à reproduire ses expériences.

Une première application de la réaction a donné les activités suivantes, exprimées en quotients des poids par les temps, tous les plombs ayant été ramenés à l'état de sulfates et mesurés par la méthode du quartz piézo-électrique, avec 4^g de substance étalée sur un plateau de 60^{mm} de diamètre, telle quelle puis sous des lames d'aluminium de $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur :

Date des mesures.	Plomb initial.			Plomb métallique déposé.			Tétraphénylplomb.			Eaux mères du tétraphénylplomb.		
	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.
10 juillet 1913...	0,98	0,46	0,36	6,58	1,14	0,91	2,13	0,74	0,58	3,73	1,89	1,52
19 » » ...	2,98	1,05	0,81	9,88	1,27	0,99	4,13	1,11	0,97	5,82	1,35	1,09
14 août » ...	7,81	1,19	0,97	14,91	1,32	1,03	8,88	1,27	0,98	9,53	1,27	0,97
21 oct. » ...	17,55	1,22	0,98	23,92	1,25	1,03	18,33	1,21	0,93	18,54	1,16	0,92
3 déc. » ...	22,39	1,26	1,01	traité à nouveau			23,34	1,21	0,95	23,13	1,19	0,94

Le produit de la deuxième colonne, légèrement différent, a été soumis

à nouveau à la réaction de Grignard et a fourni les chiffres suivants (substance 3^g) :

Dates des mesures.	Plomb initial.			Plomb métallique déposé.			Tétraphénylplomb.		
	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.	Total.	Al $\frac{1}{20}$.	Al $\frac{1}{10}$.
19 nov. 1913	20,80	1,13	0,91	5,50	1,08	0,91	4,38	1,17	0,91
3 déc. »	21,90	1,16	0,91	8,13	1,11	0,91	6,86	1,12	0,91

On voit qu'il nous a été impossible, non seulement de retrouver les résultats positifs décrits par MM. Hofmann et Wölfl, mais même d'apercevoir une indication dans le sens des chiffres catégoriques donnés par eux.

Les différences d'activité, que les produits accusent au début, disparaissent dès qu'on attend suffisamment longtemps pour que l'équilibre entre les radiums D, E et F puisse se rétablir.

Dans la première expérience, pour laquelle les mesures ont été poursuivies assez longtemps, l'équilibre s'est rétabli pour les radiums E et F. Dans la deuxième série de mesures, commencée environ 3 semaines après la préparation des produits, l'équilibre en radium E, dont la quantité est d'ailleurs seule bien significative, est atteintdès la première mesure, ainsi que cela ressort des nombres obtenus avec interposition de la lame d'aluminium au $\frac{1}{10}$. Les variations du produit initial, non soumis à la réaction, sont dues à la rupture d'équilibre déterminée par les purifications auxquelles on avait procédé avant sa mise en œuvre.

Dans la deuxième expérience, le chlorure de plomb qui n'avait pas réagi, a montré une activité légèrement supérieure à celle du plomb initial. Cette activité est étudiée actuellement.

Ces expériences ne permettent pas de conclure à la possibilité de séparer le radium D d'avec le plomb dans le plomb actif par la méthode du tétraphénylplomb.

CHIMIE MINÉRALE. — *Au sujet de l'action de l'oxychlorure de carbone sur les phosphates et les oxydes.* Note de M. **J. Riban**, présentée par M. Armand Gautier.

MM. Barlot et Chauvenet viennent de faire usage, dans un travail récent (*Comptes rendus*, 8 décembre 1913, p. 1153), d'un procédé de chloruration, par l'oxychlorure de carbone, applicable aux phosphates et aux oxydes. Je

crois devoir rappeler, à ce sujet, que j'ai montré, pour la première fois, il y a une trentaine d'années (*Comptes rendus*, t. 95, 1882, p. 1160), la transformation *intégrale* du phosphate tricalcique en oxychlorure de phosphore et chlorure de calcium sous l'action d'un mélange d'oxyde de carbone et de chlore agissant sur le phosphate mêlé de charbon comme catalyseur :

$$(PO^4)^2 Ca^3 + 6 CO + 12 Cl = 2 PO Cl^3 + 6 CO^2 + 3 Ca Cl^2.$$

La transformation s'effectue ainsi à une température très basse, elle commence déjà à 180°.

Je montrais également comment l'oxychlorure de phosphore obtenu, débarrassé par distillation de *l'oxychlorure de carbone qui le souille*, pouvait être changé en trichlorure, puis en pentachlorure, ensemble de réactions conduisant à la production de tous les composés chlorés et oxygénés du phosphore, sans passer par ce métalloïde préalablement isolé.

Ce travail, démontrant la transformation directe des deux composants du phosphate, l'acide et l'oxyde, en oxychlorure et chlorure, aura sans doute échappé aux investigations bibliographiques de MM. Barlot et Chauvenet.

Je faisais connaître, en outre, que ce nouveau mode de chloruration s'appliquait à la transformation d'un oxyde irréductible, l'alumine, en chlorure d'aluminium, à si basse température qu'on peut l'effectuer au bain d'huile et dans des vases de verre.

J'indiquais enfin, en terminant, qu'on « trouverait là un moyen facile d'obtenir à basse température certains chlorures métalliques et l'oxychlorure de phosphore ».

Le travail de MM. Barlot et Chauvenet constitue une généralisation importante d'une méthode de chloruration que j'avais établie et recommandée.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode permettant le dosage de quantités extrêmement petites de bore dans les matières organiques.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **H. Agulhon**, présentée par M. Roux.

Nous avons démontré la présence constante du bore chez les animaux. Nos expériences, étendues aux organes divers et aux espèces les plus variées, ont complété les résultats acquis ultérieurement sur la présence du bore

chez les végétaux et classé ce métalloïde parmi ceux qui entrent dans la composition normale de la matière vivante [1].

Afin de pouvoir continuer l'étude biologique du bore, il était nécessaire de posséder une méthode suffisamment précise de dosage de cet élément. Or, les proportions de bore, déjà très faibles chez les végétaux, sont si petites chez les animaux qu'elles défient toutes les méthodes actuellement connues. Nous avons réussi, en utilisant la réaction de l'acide borique sur les matières colorantes du curcuma, réaction que nous étions parvenus à rendre exacte et sensible [2], à établir une méthode de dosage susceptible de fournir d'utiles résultats.

Notre méthode est basée sur les longueurs différentes de coloration que prennent des bandelettes de papier de curcuma lorsque, dans des conditions données, elles plongent dans des solutions boriquées additionnées d'acide chlorhydrique, le reste de ces bandelettes évaporant à l'air les solutions qui y montent par capillarité. Pour des poids de bore allant du demi-millième au dixième de milligramme, les longueurs colorées sont suffisamment proportionnelles pour qu'on puisse faire de bonnes mesures comparatives avec des solutions titrées.

Voici comment on procède :

Un échantillon représentant 10^{g} à 20^{g} de matières sèches s'il est d'origine animale, $0^{g},5$ à 1^{g} seulement s'il est d'origine végétale, est additionné, s'il y a lieu [3], d'un peu de solution de soude pure [4], desséché, puis calciné au rouge sombre, dans une capsule de platine. Il n'est pas indispensable de faire disparaître toute trace de charbon.

Les cendres sont triturées dans la capsule avec 5^{cm^3} à 10^{cm^3} d'acide phosphorique préparé à partir de l'anhydride, et transvasées dans un ballon de 200^{cm^3} à 250^{cm^3}; on rince la capsule avec 20^{cm^3} d'alcool méthylique exempt de bore, qu'on introduit dans le ballon, et l'on distille au bain-marie, tant qu'il passe de l'alcool. Celui-ci est reçu directement dans une capsule de platine contenant 5 gouttes de soude normale ou sodium. On ajoute dans le ballon 10^{cm^3} d'alcool méthylique qu'on distille à leur tour, pour entraîner les dernières traces de borate de méthyle. On met la capsule au bain-marie et l'on évapore à sec : le résidu renferme tout le bore à l'état de borate de

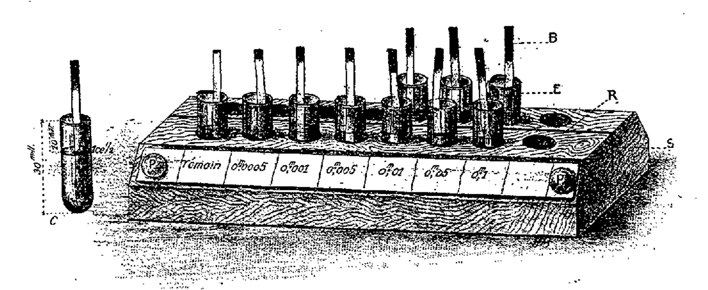
(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1911, p. 248, et t. 156, 1913, p. 732 et 2027.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 90.

(3) De manière à neutraliser l'acidité naturelle de l'échantillon (suc gastrique, fruits acides, etc.) ou assurer l'alcalinité de ses cendres (jaune d'œuf, grains d'avoine, etc).

(4) Nous avons déjà décrit le mode de préparation des réactifs nécessaires dans *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 90 et 125, et t. XIII, 1913, p. 396 (note).

sodium avec un excès de soude. Après refroidissement, on ajoute 4 gouttes d'acide chlorhydrique pur décanormal, $0^{cm^3},5$ d'eau, et l'on fait passer la solution dans l'une des petites éprouvettes jaugées de l'appareil figuré ci-dessous. On lave la capsule, en



deux fois, avec une quantité d'eau suffisante pour compléter le volume de $1^{cm^3},5$ marqué par le trait de jauge; on place dans l'éprouvette, où le liquide la maintient contre la paroi interne par capillarité, une bandelette de papier de curcuma de 45^{mm} de longueur et de 3^{mm} de largeur, en s'arrangeant pour qu'elle dépasse de 15^{mm}. Cette opération est rendue facile en traçant d'avance un trait au crayon sur la bandelette de papier.

Le papier de curcuma est préparé en plongeant une feuille de papier Berzélius dans une cuvette à photographie où l'on a versé une teinture obtenue en faisant bouillir, pendant 5 à 10 minutes, 100^{cm^3} d'alcool à 95° avec 1^g à $1^g,5$ de racine de curcuma pulvérisée et filtrant. On retire la feuille, on l'essore légèrement entre des doubles de papier à filtre et on la fait sécher à l'obscurité. Suivant la richesse de la racine en matières colorantes, le papier est plus ou moins jaune, mais dans les limites où nous opérons et avec notre technique, cela n'a aucune importance sur le dosage.

En même temps que l'éprouvette destinée à l'analyse de l'échantillon, on prépare une série d'éprouvettes témoins contenant des quantités connues et croissantes de bore. Pour cela, on fait trois solutions d'acide borique pur, séché à froid dans le vide sur l'acide sulfurique. La première solution (n° 1) renferme $0^g,565$ d'acide borique par litre, soit $0^{mg},1$ de bore par centimètre cube; la deuxième et la troisième (n° 2 et n° 3) renferment respectivement 10 et 100 fois moins d'acide borique que la première.

On dispose sept éprouvettes témoins dans le support; dans chacune on introduit 5 gouttes de soude et 4 gouttes d'acide chlorhydrique; dans la première, on complète le volume de $1^{cm^3},5$ avec de l'eau; dans les autres, on ajoute successivement, soit $0^{cm^3},5$, soit 1^{cm^3} de l'une des solutions titrées et l'on complète partout au trait de jauge avec de l'eau pure. Enfin, après avoir disposé les bandelettes de papier au curcuma, on place l'appareil garni dans une étuve à $+30°$ ou 35°. A la température ordinaire, le dosage se fait tout aussi bien, mais plus lentement. Il apparaît une colo-

ration rouge orangé très vive à l'extrémité aérienne des bandelettes, d'autant plus étendue qu'il y a plus de bore dans les éprouvettes. Ainsi, dans une expérience, après 3 heures d'étuve à + 35°, on a observé :

Quantités de bore.	Volume de solution boriquée.	Longueur de la coloration rouge.	Observations.
mg	cm³	mm	
0,1	1 solution n° 1	8 environ	Virant au bleu par l'ammoniaque.
0,05	0,5 » n° 1	7 »	
0,01	1 » n° 2	5 »	
0,005	0,5 » n° 2	3 »	
0,001	1 » n° 3	2 »	
0,0005	0,5 » n° 3	1,5 »	
0,0000	eau pure.	brun sur $0^{mm},5$.	Ne virant pas au bleu.

En comparant la longueur colorée produite par l'échantillon analysé avec la longueur colorée des témoins, on arrive très aisément à connaître la quantité de bore contenue dans l'échantillon. A l'étuve à + 35°, la comparaison devient déjà possible après 1 heure à 2 heures, mais le résultat est plus net si l'on attend davantage. A la température ordinaire, il faut attendre 10 heures à 24 heures avant de faire les comparaisons.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le goudron du vide.* Note de MM. **Amé Pictet** et **Maurice Bouvier**, présentée par M. Armand Gautier.

Nous avons montré, dans une précédente Note, que la distillation de la houille sous la pression de 15^{mm} à 18^{mm} et à des températures inférieures à 450° fournit un goudron fort différent du goudron ordinaire et que nous avons nommé *goudron du vide*. Celui-ci ne contient ni phénols, ni hydrocarbures aromatiques, mais il donne les uns et les autres par décomposition pyrogénée à la température du rouge vif, de sorte qu'on doit le considérer comme un produit intermédiaire dans la formation du goudron ordinaire.

Les premiers essais que nous avons faits, pour établir la composition chimique du goudron du vide, ont conduit aux résultats suivants :

Après l'avoir lavé à la soude diluée et à l'acide sulfurique étendu, nous l'avons soumis à une série de distillations fractionnées, d'abord dans le vide, puis à la pression ordinaire. Mais nous avons pu nous convaincre de l'impossibilité où l'on se trouve d'isoler ainsi des composés définis et à points d'ébullition constants. Nous avons alors cherché à procéder à cette séparation par des moyens chimiques. L'analyse de quelques-unes de nos fractions ayant montré qu'elles n'étaient pas formées uniquement d'hydrocarbures, mais qu'elles contenaient aussi de notables quantités de com-

posés oxygénés, nous avons tout d'abord cherché à isoler ces derniers en faisant bouillir chacune des fractions avec du sodium. Il y a dégagement d'hydrogène et formation de précipités pulvérulents blancs. La réaction terminée, chacun de ces précipités est séparé par décantation, soigneusement lavé à l'éther sec, puis additionné d'eau. La combinaison sodique est alors décomposée et des gouttelettes huileuses se rassemblent à la surface de la liqueur alcaline. Nous n'avons pas encore pu obtenir ces nouveaux corps en quantité suffisante pour en faire une étude complète; nous avons constaté seulement qu'ils possèdent tous des propriétés d'*alcools*. Ils sont fort peu solubles dans l'eau et insolubles dans les alcalis; leur odeur rappelle celle du menthol; ils réagissent facilement avec les chlorures d'acétyle et de benzoyle, en dégageant de l'acide chlorhydrique et en formant des éthers qui ne sont plus attaqués par le sodium. Il est fort probable que ces alcools appartiennent à la série hydro-aromatique et que ce sont eux qui, à haute température, fournissent par déshydrogénation les phénols du goudron. Nous ne manquerons pas de soumettre cette supposition au contrôle de l'expérience dès que nous serons en possession d'une plus grande quantité de substances.

Débarrassées de ces alcools par le traitement au sodium, les différentes fractions du goudron du vide ne sont plus constituées que par des hydrocarbures. Elles décolorent à froid le permanganate en présence d'acide sulfurique, ainsi que le brome en solution sulfocarbonique. Elles renferment donc des hydrocarbures non saturés; mais elles pourraient en même temps en contenir de saturés. Afin de nous renseigner sur ce point, nous avons agité chacune de nos fractions, à une température voisine de 0°, avec de l'acide sulfurique contenant une petite quantité d'anhydride. Le mélange est ensuite coulé sur de la glace; les hydrocarbures saturés, qui ne sont pas entrés en réaction avec l'acide sulfurique, se séparent et viennent surnager la solution aqueuse. Nous les avons rectifiés sur le sodium et soumis à un nouveau fractionnement de 5 en 5 degrés. Leur quantité varie, selon la fraction mise en œuvre, de 22 à 40 pour 100 du mélange primitif d'hydrocarbures.

Des diverses fractions obtenues dans cette dernière opération, nous n'avons examiné jusqu'ici que les deux suivantes, qui nous ont paru être les plus importantes et posséder les caractères voulus d'homogénéité :

1. Fraction 172°-174°. Densité 0,7765 à 23°. Indice de réfraction $n_D^{23°} = 1,4196$. L'analyse et la détermination du poids moléculaire, par cryoscopie dans le benzène, conduisent à la formule $C^{10}H^{20}$.

2. Fraction 189°-191°. Densité 0,7838 à 22°. Indice de réfraction $n_D^{22°} = 1,4234$. Formule $C^{11}H^{22}$.

Ces deux hydrocarbures sont des liquides très mobiles, incolores, non fluorescents, insolubles dans l'eau et miscibles en toutes proportions aux dissolvants organiques usuels; ils sont doués d'une faible odeur de pétrole. Soumis à l'oxydation au moyen du permanganate de potasse à chaud, ils ne fournissent que des acides de la série grasse.

L'ensemble de ces caractères les rapproche des *naphtènes* de pétroles. Ils ne sont cependant pas identiques au décanaphtène et à l'endécanaphtène retirés par Markownikoff du pétrole de Bakou. En revanche, ils présentent presque exactement les mêmes propriétés physiques et chimiques que deux hydrocarbures de même composition que Mabery (¹) a isolés par fractionnement du pétrole du Canada et dont il a fixé les constantes suivantes :

Fraction.	Densité.	n_D.
173°-174°	0,7770 à 20°	1,4149
189°-171°	0,7838 à 20°	1,4231

La concordance entre ces chiffres et les précédents est telle, qu'il est difficile de douter de l'identité de nos hydrocarbures $C^{10}H^{20}$ et $C^{11}H^{22}$ avec ceux de Mabery. Il en ressort ce fait curieux qu'en distillant à basse température certaines houilles (dans le cas particulier celle de Montrambert), on obtient des composés qui font en même temps partie intégrante de certains pétroles. C'est, croyons-nous, la première fois que l'on constate expérimentalement une relation de ce genre, et il sera intéressant de rechercher si elle se retrouve entre d'autres variétés de ces deux importants produits naturels.

Nous avons cherché à établir la constitution de l'hydrocarbure $C^{10}H^{20}$ du goudron du vide. Les deux observations suivantes nous semblent suffire à la fixer.

En faisant agir à froid les vapeurs de brome sur l'hydrocarbure, nous avons vu se former de longues aiguilles incolores, fusibles à 202°, que nous avons facilement pu identifier au *dibromodurène* de la formule I ci-dessous. En dirigeant, d'autre part, les vapeurs de l'hydrocarbure sur de l'oxyde ferrique chauffé au rouge sombre, nous avons obtenu un liquide qui, traité par l'acide nitrique fumant, nous a donné le *dinitrodurène* (point de fusion 205°) de la formule II. Il résulte de ces deux expériences que l'hydrocarbure $C^{10}H^{20}$ est l'*hexahydrure de durène* (tétraméthylcyclohexane-1.2.4.5, formule III).

```
      Br                NO²                     H²
                                                C
CH³/\CH³          CH³/\CH³        CH³—HC/\CH—CH³
CH³\/CH³          CH³\/CH³        CH³—HC\/CH—CH³
      Br                NO²                     C
                                                H²
      I.                II.                    III.
```

(¹) *Journal of the American Society*, t. XIX, p. 374, 419, 796; t. XXV, p. 253; t. XXXIII, p. 251.

Quant au second hydrocarbure, $C^{11}H^{22}$, nous n'avons pu jusqu'ici le transformer en un composé aromatique de constitution connue. Mais sa grande ressemblance avec l'hydrocarbure $C^{10}H^{20}$ doit le faire considérer comme son véritable homologue; nous croyons pouvoir le regarder comme l'*hexahydrure de pentaméthylbenzène*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de dérivés acétyléniques vrais à partir du bipropargyle*. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. A. Haller.

Lorsqu'un corps possède deux fois le groupement $\equiv$CH des composés acétyléniques vrais, il semble qu'en passant par l'intermédiaire de ses dérivés métalliques on doit pouvoir en dériver d'autres composés présentant encore une fois le même groupement. On arrive, en effet, à ce résultat quand on utilise convenablement le dérivé monosodé de l'acétylène, ainsi que l'ont montré Skosarewski ou Lebeau, mais il n'en est plus de même quand on veut avoir recours aux dérivés magnésiens mixtes du même carbure; ce n'est, en effet, que d'une manière tout à fait exceptionnelle qu'on a pu obtenir ainsi les composés acétyléniques vrais, et encore les rendements ont-ils été toujours médiocres.

Avec le bipropargyle, au contraire, la production de dérivés provenant de l'action d'un seul des deux groupes $\equiv$CH est presque inévitable. J'ai indiqué précédemment (1) comment on pouvait, à partir du dérivé dimagnésien du bipropargyle, obtenir l'éther diméthylique du glycol

$$CH^2OH - C \equiv C - CH^2 - CH^2 - C \equiv C - CH^2OH;$$

mais, bien que le magnésien en question ait été préparé par l'action du bipropargyle sur plus de 2^{mol} de bromure d'éthylmagnésium et qu'on ait mis en œuvre plus de 2^{mol} d'éther chlorométhylique, il s'est produit simultanément une quantité très appréciable d'éther

$$CH \equiv C - CH^2 - CH^2 - C \equiv C - CH^2OCH^3,$$

corps liquide bouillant à 67°,5 sous 11^{mm}. (Analyse pour 100: C, 78,47; H, 8,21. Cryoscopie acétique 123.) La réfraction moléculaire en a été trouvée égale à 39,2. (A 15°,5, densité 0,9156, indice pour la raie D 1,50125.)

Pour justifier la formule développée que nous attribuons à ce corps il

(1) *Comptes rendus*, t. 150, p. 1762.

convenait d'établir qu'il est bien acétylénique vrai, d'autant plus que, d'après M. Griner, le bipropargyle purifié par simple distillation contiendrait toujours un autre carbure C^6H^6

$$CH^3 - C \equiv C - CH^2 - C \equiv CH$$

dont la présence dans la réaction qui nous occupe conduirait à un éther $C^7H^{10}O$ qui serait aussi biacétylénique, mais non acétylénique vrai.

Or l'éther que nous avons obtenu donne avec les solutions aqueuses de nitrate d'argent un précipité qui, redissous dans l'eau chaude, cristallise en fines aiguilles par refroidissement; il donne également un précipité jaune avec le chlorure cuivreux.

Ce précipité traité par l'iode fournit un dérivé pentaiodé

$$CI^2 = CI - CH^2 - CH^2 - CI = CI - CH^2OCH^3,$$

qui après recristallisation dans le pétrole bouillant fond à 95°. (Analyse pour 100 : I = 85,10.)

Enfin, par réaction sur le bromure d'éthylmagnésium, l'éther $C^7H^{10}O$ fournit un dérivé magnésien. On peut attaquer celui-ci par l'éther chlorométhylique et passer ainsi, en deux étapes, du bipropargyle à l'éther diméthylique de l'octadiine-2.6-diol-1.8.

On peut encore fixer le gaz carbonique sur ce dérivé magnésien. On arrive alors à l'acide

$$CO^2H - C \equiv C - CH^2 - CH^2 - C \equiv C - CH^2OCH^3,$$

corps fondant à 46°-47° après cristallisation dans le sulfure de carbone. (Analyse pour 100 : C, 64,37; H, 6,13.)

Toutes ces propriétés de l'éther $C^7H^{10}O$ en question établissent surabondamment que c'est un composé acétylénique vrai.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des dérivés organométalliques du zinc. Préparation des acides α-cétoniques.* Note de M. **E.-E. Blaise**, présentée par M. Haller.

Si l'on excepte les premiers termes de la série, les acides α-cétoniques sont restés pendant très longtemps des corps presque inaccessibles, en raison de ce fait qu'on ne possédait aucune méthode pour les préparer. Le premier procédé, méritant le nom de *méthode générale*, fut donné par MM. Bouveault et Locquin. On sait que ce procédé consiste à traiter les

éthers alcoylacétylacétiques par l'acide azoteux, ce qui fournit l'oxime d'un éther α-cétonique qu'il est ensuite nécessaire d'hydrater. Cette méthode, très intéressante au point de vue théorique, n'est pas sans présenter de sérieuses difficultés au point de vue pratique; en outre, d'après les indications des auteurs eux-mêmes, les rendements, au moins dans certains cas, laissent beaucoup à désirer. Il m'a donc semblé intéressant de chercher à fonder sur l'emploi des dérivés organométalliques mixtes du zinc une méthode plus simple et conduisant à des rendements plus satisfaisants.

En principe, on pourrait songer à préparer les éthers α-cétoniques par action du chlorure d'éthoxalyle sur les dérivés organométalliques mixtes du zinc. Mais, comme je l'ai déjà indiqué, l'expérience montre qu'on ne peut opérer dans ces conditions. En effet, la fonction chlorure d'acide passe à l'état de fonction alcool tertiaire et celle-ci est ensuite éthérifiée par une seconde molécule de chlorure

$$2\,C^2H^5-O-CO-COCl+2R-Zn-I$$
$$=C^2H^5-O-CO-C(R)^2O-CO-COOC^2H^5+2\,ZnICl.$$

Il était donc indiqué de recourir à la méthode indirecte que j'ai indiquée antérieurement et qui consiste à passer par l'intermédiaire des cycloacétals mixtes. L'acide-alcool que j'ai choisi et qui donne d'excellents résultats est l'acide α-oxyisobutyrique.

On traite donc l'acide oxyisobutyrique par le chlorure d'éthoxalyle, puis le produit brut est chauffé avec du chlorure de thionyle. La condensation du chlorure d'acide ainsi obtenu avec un dérivé organométallique mixte du zinc conduit au cycloacétal mixte de l'acide α-cétonique cherché

$$C^2H^5-O-CO-COCl \rightarrow C^2H^5-O-CO-O-C(CH^3)^2-CO^2H$$
$$\rightarrow C^2H^5OCO-CO-O-C(CH^3)^2-COCl,$$

$$C^2H^5-O-CO-CO-O-C(CH^3)^2COCl+R-ZnI$$
$$=ZnICl+C^2H^5-O-CO-\underset{R}{C}\begin{matrix}-O-\\ O\diagdown\quad\diagup C\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\\ CO\end{matrix}$$

Le dédoublement du cycloacétal lui-même se réalise très aisément par alcoolyse, au moyen de l'alcool chlorhydrique, au bain-marie suivant la méthode de M. Haller; il conduit à un mélange d'éther oxyisobutyrique et d'éther α-cétonique. La séparation de ces deux corps, par distillation frac-

tionnée, ne présente pas de difficulté

$$C^2H^5-O-CO-\overset{R}{\underset{|}{C}}\!\!\begin{array}{l}-O \\ \quad\;\; \diagdown C\begin{array}{l}\diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3\end{array} \\ -O \\ \;\; \diagdown CO \diagup \end{array} + 2\,C^2H^5OH$$

$$= R-CO-CO^2C^2H^5+(CH^3)^2C(OH)-CO^2C^2H^5.$$

Les détails relatifs à cette méthode trouveront leur place dans un Mémoire détaillé, et je me bornerai à signaler deux points particuliers. Le premier point est relatif à la formation d'un produit secondaire dans l'alcoolyse. Le fractionnement donne, en effet, une très petite quantité d'un corps à point d'ébullition plus élevé que celui de l'éther cétonique, et ce corps n'est autre que l'acétal diéthylique correspondant à cet éther lui-même. De tels acétals n'étaient pas connus jusqu'ici, mais leur constitution est hors de doute. En effet, saponifiés en milieu acide, ils donnent de l'alcool et l'acide α-cétonique, et, d'autre part, on peut très facilement les obtenir en faisant réagir l'orthoformiate d'éthyle sur les éthers α-cétoniques, en présence d'une goutte d'acide sulfurique. Le second point est relatif à la saponification des éthers α-cétoniques.

On sait que le pyruvate d'éthyle se saponifie par simple ébullition avec de l'eau, mais ce n'est là qu'un cas exceptionnel: d'autre part, on ne peut effectuer la saponification au moyen des alcalis, ceux-ci déterminant des réactions de condensation; j'ai donc eu recours à un procédé qui m'a déjà donné d'excellents résultats dans divers cas et qui consiste à effectuer la saponification au moyen de l'acide oxalique en solution aqueuse à 5 pour 100, à l'ébullition. On évapore ensuite à sec, au bain-marie, dans le vide, on reprend le résidu par l'éther absolu et l'on refroidit à $-20°$. L'acide oxalique cristallise, on le sépare, on chasse l'éther et l'on distille l'acide cétonique dans le vide. Au point de vue des rendements, j'indiquerai enfin qu'ils sont très satisfaisants; en partant de 100^g de chlorure d'éthoxalyle, on obtient, par exemple, 40^g d'acide butyrylformique pur.

Acide éthoxalyloxyisobutyrique

$$C^2H^5-O-CO-CO-O-C(CH^3)^2CO^2H,$$

fondant à 83°; chlorure d'acide : ébullition à 120°,5 sous 12^{mm}; anilide,

fondant à 95°; cycloacétaloxyisobutyrique du butyrylformiate d'éthyle

$$\begin{array}{l} C^2H^5-O-CO-C(C^3H^7)-O \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \qquad\quad | \\ \qquad\qquad\qquad\quad O \qquad C(CH^3)^2: \\ \qquad\qquad\qquad\qquad \diagdown \; \diagup \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\;\; CO \end{array}$$

ébullition à 123°-124° sous 11mm; butyrylformiate d'éthyle : ébullition à 70°,5 sous 11mm; acétal diéthylique : ébullition à 96° sous 11mm; acide butyrylformique : ébullition à 79° sous 12mm; *p*-nitrophénylhydrazone, fondant à 205°; semicarbazone, fondant vers 220° (fusion instantanée au bloc, pour ces deux derniers corps).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de synthèse du chlorure de benzyle et de ses homologues.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. Haller.

J'ai indiqué précédemment [1] que la transformation du chlorure de benzyle en aldéhyde benzoïque

$$C^6H^5-CH^2Cl \rightarrow C^6H^5-CHO$$

s'effectue quand on le chauffe, en proportions moléculaires, avec l'hexaméthylène-tétramine en solution dans l'alcool aqueux. Il en est de même pour les bromures de toluyle qui fournissent les aldéhydes toluiques correspondantes

$$CH^3-C^6H^4-CH^2Br \rightarrow CH^3-C^6H^4-CHO.$$

Mais la réaction semblait devoir rester limitée à ces différents cas, les autres dérivés halogénés du groupe du chlorure de benzyle étant jusqu'ici des produits rares ou difficiles à préparer. J'ai cherché à les obtenir synthétiquement : on pouvait, en effet, espérer que les éthers-oxydes méthyliques chlorés $ClCH^2.O.R$ réagiraient à la façon des chlorures d'acides sur les carbures benzéniques en présence du chlorure d'aluminium

$$R-H+ClCH^2.O.R' = R-CH^2.O.R'+HCl$$

avec mise en liberté d'acide chlorhydrique et formation de l'éther-oxyde d'un alcool benzylique : ce dernier semblait devoir être ensuite facilement transformé en dérivé $R-CH^2X$ au moyen d'un hydracide.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 852.

Dans ce but, j'ai fait réagir les éthers-oxydes chlorés suivants : $ClCH^2.O.CH^3$, $ClCH^2.O.C^2H^5$, $ClCH^2.O.C^3H^7$ sur le benzène, en présence du chlorure d'aluminium dans différentes conditions. La réaction ne se produit de façon régulière qu'au-dessous de 0°, et l'on n'observe alors qu'un très faible dégagement de HCl si la proportion de chlorure d'aluminium employé ne dépasse pas la dose d'un tiers à une demi-molécule pour un mélange équimoléculaire de carbure et d'éther chloré; il est nécessaire de diluer au moyen de sulfure de carbone. L'étude des produits de la réaction entre C^6H^6 et $ClCH^2.O.C^3H^7$ a montré qu'elle ne s'effectuait pas totalement suivant le schéma prévu et qu'à côté de l'éther-oxyde propylbenzylique $C^6H^5-CH^2.O.C^3H^7$ (éb. 195°-198°) obtenu avec un rendement voisin de 30 pour 100 de la théorie, il y a formation de chlorure de benzyle. Ce dernier semble provenir de la réaction accessoire

$$C^6H^6 + C^3H^7.O.CH^2Cl = C^6H^5-CH^2Cl + C^3H^7.OH,$$

analogue à la transformation du benzène en éthylbenzène réalisée par Jannatsch et Bartels [1] au moyen de l'éther ordinaire et du chlorure d'aluminium. Les éthers-oxydes $ClCH^2.O.CH^3$ et $ClCH^2.O.C^2H^5$ ont conduit de même à des produits liquides chlorés qu'on doit, par analogie avec ce qui précède, considérer comme des mélanges de chlorure de benzyle et des éthers méthylique et éthylique de l'alcool benzylique. Ces produits ont d'ailleurs été transformés complètement en ces éthers-oxydes par un excès d'alcoolate alcalin et l'on a obtenu $C^6H^5-CH^2.O.CH^3$ et $C^6H^5-CH^2.O.C^2H^5$ respectivement avec des rendements de 10 et de 20 pour 100 de la théorie.

Si l'on passe du benzène au toluène, les rendements s'abaissent considérablement et rendent la réaction inapplicable. J'ai alors cherché à remplacer le chlorure d'aluminium par un autre réactif condensant. Si Cl^4 ne donne lieu à aucune réaction, $FeCl^3$ polymérise énergiquement; seuls le chlorure de zinc, le perchlorure d'antimoine et le tétrachlorure d'étain donnent lieu à une condensation entre carbure aromatique et éther-oxyde halogéné. $SnCl_4$ est le réactif de choix à cause de sa facilité de mise en œuvre et de la netteté des résultats qu'il fournit. Au départ du toluène et de l'éther méthylique chloré, il détermine à la dose d'un quart de molécule la transformation suivante :

$$CH^3-C^6H^5 + CH^3.O.CH^2Cl = CH^3.OH + CH^3-C^6H^4-CH^2Cl$$

(1) *D. ch. G.*, t. XXXI, 1898, p. 1716.

et le dérivé obtenu est exempt de l'éther-oxyde méthylique correspondant.

Pratiquement, il suffit de diluer le mélange du carbure et d'éther chloré de deux à trois fois son volume de CS^2 ou de CCl^4, puis, après avoir refroidi vers $-10°$, d'y faire tomber goutte à goutte un quart de molécule de $SnCl^4$. Le plus souvent la réaction est immédiate avec séparation d'huile plus dense. On laisse ensuite en contact à froid pendant 30 minutes, puis on décompose en versant le produit sur la glace pilée et l'on extrait par distillation le dérivé chloré cherché. Le rendement moyen est de 30 à 35 pour 100 de la théorie, de 50 pour 100 si l'on tient compte du carbure non transformé.

Cette réaction est applicable à de nombreux carbures benzéniques.

Le benzène donne ainsi naissance au chlorure de benzyle. Le toluène conduit au chlorure de paratoluyle $\underset{4}{CH^3} - C^6H^4 - \underset{1}{CH^2Cl}$. D'une façon générale, la substitution s'effectue chaque fois que cela est possible, en position para par rapport à une chaîne latérale.

Les xylènes ont fourni les dérivés chlorométhylés suivants :

(I) CH^2Cl / CH^3 / CH^3 (II) CH^2Cl / CH^3 / CH^3 (III) CH^2Cl / CH^3 / CH^3

Le *chlorométhyl-o-xylène* (I) est liquide, $Éb_{24} = 116°-117°$; chauffé avec une solution acétique de $C^2H^3O^2K$, il donne un *éther acétique*, $Éb_{28} = 146°-148°$, dont la saponification fournit l'*alcool diméthyl*-3.4-*benzylique*-1 en aiguilles fusibles à 62°,5-63°,5. Le *chlorométhyl-m-xylène* (II), $Éb_{20} = 110°$, fournit de même un *éther acétique*, $Éb_{30} = 157°$, transformable en *alcool diméthyl*-2.4-*benzylique*-1, $Éb_{44} = 151°-152°$, cristallisable, dont la *phényluréthane* fond à 78°-79°. Les deux alcools précédents, oxydés par CrO^3 acétique, se transforment en acides diméthylbenzoïques. Le *chlorométhyl-p-xylène* (III) est liquide, $Éb_{28} = 120°-121°$, il donne un *éther acétique*, $Éb_{28} = 138°-141°$; l'*alcool diméthyl*-2.5-*benzylique*-1 est liquide, $Éb_{37} = 142°-143°$, sa *phényluréthane* fond à 86°.

L'éther chlorométhylique réagit de même sur le mésitylène, l'isopropylbenzène, le *p*-cymène, etc.; tous les dérivés chlorométhylés obtenus se transforment aisément en aldéhydes.

Cette étude est poursuivie.

MINÉRALOGIE. — *Sur les cristaux liquides mixtes.* Note de M. **Paul Gaubert**, présentée par M. A. Lacroix.

J'ai déjà montré (¹) que l'addition d'une substance donnant des cristaux liquides optiquement positifs, à un liquide cristallin optiquement négatif, augmentait la biréfringence de ce dernier. Les observations ont été faites avec des corps ne pouvant se mélanger qu'en faible quantité au liquide négatif, le but de cette Note est d'étudier les mélanges de deux sortes de substances se faisant en toutes proportions.

Pour rendre les résultats comparables, la mesure des indices de réfraction a été faite à la même température. Cette dernière est obtenue de la manière suivante : une platine creuse en cuivre dans laquelle passe un courant de vapeur fourni par un liquide en ébullition (de l'eau dans le cas présent) est placée sur la face plane de la lentille demi-boule du réfractomètre de C. Klein. La préparation à examiner est fondue entre la platine et la lentille et peut être recouverte d'une lamelle de verre aussi mince que possible.

Les deux corps employés pour faire les mélanges sont le propionate de cholestérine, présentant une phase optiquement négative et une phase optiquement positive qui apparaît seulement dans un intervalle très petit de température et dont on n'a pas ici à tenir compte, et l'anisalaminocinnamate d'éthyle, qui donne deux phases liquides optiquement positives, dont l'une s'oriente d'une manière parfaite perpendiculairement à la lame de verre (²).

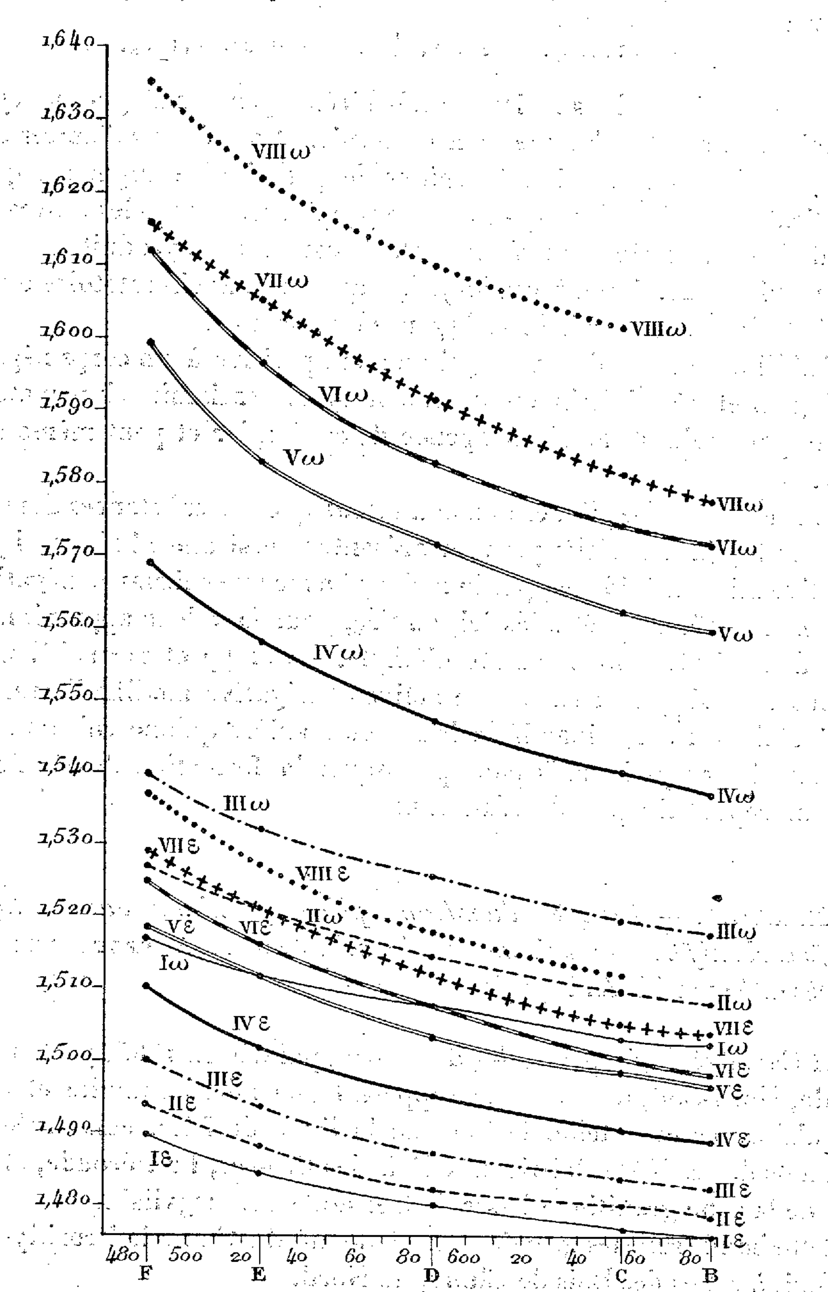
Les mesures ont été faites à 100° pour les raies du spectre B, C, D, E, F. La lumière monochromatique a été produite avec le grand appareil de M. Wülfing. Le Tableau ci-dessous donne les résultats obtenus avec la raie D et la figure ci-contre montre ceux fournis avec les diverses raies et la régularité de la dispersion.

		ω.	ε.	ω — ε.
	Prop. de cholestérine pur......	1,4933	1,4756	0,0177
	Propionate 10 : anisalam. : 0,50	1,5005	1,4771	0,0224
Courbe I....	» 10 : » 0,66	1,5066	1,4810	0,0256
» II...	» 10 : » 1	1,5148	1,4824	0,0324
» III..	» 10 : » 2	1,5250	1,4874	0,0376
» IV..	» 10 : » 4	1,5470	1,4953	0,0517
» V...	» 10 : » 6	1,5715	1,5042	0,0676
» VI..	» 10 : » 8	1,5836	1,5077	0,0759
» VII.	» 10 : » 10	1,5915	1,5119	0,0796
» VIII.	» 10 : » 16,66	1,6107	1,5176	0,1009

(¹) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 573 et 1158.

(²) En évaluant les indices des deux phases liquides anisotropes par le procédé indiqué dans les *Comptes rendus*, t. 153, p. 1158, j'ai trouvé, pour la phase s'orientant perpendiculairement à la lame de verre $\omega = 1,556$ et $\varepsilon = 1,829$ et pour l'autre $\omega = 1,508$ et $\varepsilon = 1,97$.

On peut obtenir des mélanges beaucoup plus riches en anisalamino-cinnamate d'éthyle que les précédents.



Le mélange 10 : 16,66 se rapproche par sa biréfringence du cyanbenzal-

aminocinnamate d'amyle actif mesuré par M. Stumpf. Un échantillon de cette substance, préparé par M. Mauguin, m'a fourni les résultats suivants à 100° :

$$\omega = 1,6689, \quad \varepsilon = 1,5490, \quad \omega - \varepsilon = 0,1199.$$

Un autre fait rend les mélanges très biréfringents analogues au cyanbenzalaminocinnamate. Comme dans ce dernier et aussi dans d'autres cristaux liquides à double réfraction énergique, le petit indice augmente quand la température s'élève alors que, dans le propionate et tous les autres éthers-sels de la cholestérine peu réfringents, le contraire se produit.

Ce qui est aussi remarquable, c'est que le pouvoir rotatoire augmente considérablement avec la biréfringence du mélange.

L'addition d'une substance optiquement positive à un corps négatif très réfringent et très biréfringent comme le cyanbenzalaminocinnamate n'augmente pas toujours la biréfringence de ce dernier et peut même la diminuer.

Tous ces faits s'expliquent en admettant que les substances donnant des cristaux liquides positifs peuvent présenter aussi une phase optiquement négative mise en évidence par le mélange avec une substance négative. Des indices des mélanges étudiés ici, on tire, pour la valeur approximative de ceux de l'anisalaminocinnamate d'éthyle, $\omega = 1,69$ et $\varepsilon = 1,54$. On peut supposer aussi que la substance active et négative modifie l'arrangement moléculaire du corps inactif de la même manière qu'une substance active agit sur des corps inactifs pour provoquer la formation des édifices hélicoïdaux reproduits par M. Wallerant.

MINÉRALOGIE. — *Les effets du métamorphisme granitique dans les tufs éruptifs carbonifères des environs de Mâcon.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. A. Lacroix.

La Carte géologique au $\frac{1}{80000}$ de Mâcon, publiée en 1885, porte une large bande, Nord-Sud, d'une roche rappelant une microgranulite et désignée jusqu'alors comme telle, le long de la ligne de faîte, constituée par les sommets de La Mère Boittiers, le Bois des Brosses, La Péroude, et située à l'est de la zone granitique basse de Germolles, Bourgvilain.

Cette bande relie les grandes masses de tufs du Culm de Pruzilly-Cenves, au Sud, à celles des Bois de Cluny, au Nord.

D'après la légende de la Carte, cette microgranulite serait d'un type

spécial (γ^{3a}) : « La roche empâte un grand nombre de fragments de schistes et de tufs et paraît bréchiforme ; le mica noir est polysynthétique et chacune de ses lamelles est composée d'un grand nombre de petits cristaux indépendants et juxtaposés. »

J'ai acquis la preuve que cette roche n'est pas une microgranulite, mais est le résultat du *métamorphisme par le granite des tufs orthophyriques de la région*. J'ai trouvé, en effet, plus au Sud, aux environs d'Ouroux (route de Vaux-Renard), une série de ces tufs de plus en plus métamorphisés par le granite et qui passent à des roches identiques aux microgranulites (γ^{3a}) de la Mère Boittiers, ancienne détermination.

Les tufs intacts, non touchés par le métamorphisme granitique, sont constitués par de grands cristaux de quartz bipyramidé, souvent éclatés et corrodés, d'orthose, de feldspaths tricliniques, allant à l'oligoclase-andésine à 38 pour 100 d'anorthite, plus ou moins brisés, de grandes lamelles de mica noir orientées, enfin de débris de roches volcaniques à microlites d'orthose ou d'oligoclase, le tout dans une pâte formée de fins débris des éléments précédents, cimentés par des produits siliceux amorphes.

Les premiers phénomènes de métamorphisme, dans ces tufs, se sont traduits par la *naissance de très fins cristaux polysynthétiques de mica noir, au sein même des anciennes lamelles hexagonales de mica noir*. Il y a eu recristallisation sur place des éléments du mica. Dans les types plus profondément métamorphisés par le granite, les fines lamelles polysynthétiques de mica noir sont plus nourries et forment de petits cristaux indépendants et juxtaposés, parfois implantés perpendiculairement au clivage *p* des grandes lamelles primitives, mais plus souvent en désordre ; leur ensemble dessine toujours assez nettement les anciens contours de ces lamelles. En outre, toute la roche se charge de très fins micas noirs néogènes et prend l'aspect d'une *cornéenne micacée*.

Parallèlement se développent, dans la pâte pétrosiliceuse, de fines éponges de micropegmatite et de quartz pœcilitique, puis les mêmes éponges de plus en plus larges et parfois des globules de quartz à extinction totale ; les grands cristaux de quartz et de feldspath s'entourent d'auréoles de micropegmatite et de quartz impur. On aboutit à de véritables *microgranites*, auxquels les anciens phénocristaux des tufs donnent l'aspect trompeur de porphyres pétrosiliceux passant à des microgranulites.

Je dois signaler la présence dans ces tufs métamorphisés, au lieu dit *La Corlatte*, sur la vieille route de Tramayes à Mâcon, de *cordiérite*, en cristaux

assez larges, à contours mal définis, développés un peu après la naissance des premiers micas noirs polysynthétiques dont ils englobent quelques lamelles; cette cordiérite montre la macle en roue, avec extinction des fines lamelles à 60° les unes des autres dans les sections parallèles à p; elle est entourée d'auréoles transparentes, jaune clair, isotropes, d'un produit de passage à la pinite.

Ainsi le massif montagneux des roches de la Mère Boittiers ne représente ni des coulées de microgranulites sur le granite préalablement érodé, ni de puissants dykes qui l'auraient disloqué. Il est un témoin du flottement des tufs orthophyriques, sur le granite qui les a métamorphisés postérieurement à leur dépôt, et qui apparaît comme leur substratum dans le fond des vallées actuelles.

La détermination pétrographique précise de ces tufs n'est pas intéressante seulement au point de vue stratigraphique; elle apporte une nouvelle preuve, particulièrement nette, de la possibilité de recristallisation sur place, sans refusion et sans transport, de certains éléments des roches, dans le métamorphisme granitique exomorphe.

MINÉRALOGIE. — *Contribution à l'étude pétrographique du nord d'Angola.* Note de M. **Pereira de Sousa**, présentée par M. A. Lacroix.

Si l'on excepte une étroite zone comprise entre Mossamedes et Cassigna [1], la constitution pétrographique du nord de l'Angola est inconnue.

M. le colonel Freire d'Andrade ayant bien voulu me confier les collections de roches qu'il a recueillies dans cette colonie portugaise, j'en ai fait l'étude dans le laboratoire de Minéralogie du Muséum et j'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques indications sur ce sujet.

Les itinéraires parcourus ont fourni plusieurs coupes permettant de montrer que la plus grande partie de cette région est constituée par un substratum de schistes cristallins, traversés par quelques roches éruptives et supportant des formations sédimentaires gréseuses ou calcaires localement cuprifères, dont malheureusement l'âge, certainement très ancien, ne peut être fixé faute de fossiles.

District du Congo (Zaire). — Au nord du fleuve : sur la côte, à Landana,

(1) Pereira de Sousa, *Alguns trechos de relatorio do engenkiro Rego Lima, sobre a sua missãe as miñas de Cassinga em* 1898, 1911.

M. Freire d'Andrade a recueilli quelques fossiles permettant de dater des sédiments paléocènes, au milieu desquels ne se trouve aucune roche éruptive [1].

Depuis cette région, jusqu'à la frontière du Congo français, dans la direction Est-Nord-Est, se rencontrent surtout des schistes cristallins : épidotites quartzifères, parfois amphiboliques, quartzites à épidote, à feldspaths, à chlorites, à micas, passant à des chloritoschistes et devenant parfois riches en hématite.

Au milieu de ces roches a été trouvé un affleurement assez vaste de gneiss à albite et microcline ainsi qu'un massif de granite à structure granulitique. Les diabases ouralitisées paraissent occuper de grands espaces entre Cocatanda et Belise. Enfin, près de la frontière française, ces formations cristallines servent de support à des calcaires plus ou moins bréchiformes, quelquefois silicifiés, contenant des restes de micro-organismes indéterminables; ils renferment des silex noirs.

Au sud du Congo, des granites très écrasés se rencontrent entre Noqui et San-Salvador (notamment entre les kilomètres 4 et 11). A partir de ce dernier point, se développe une formation métamorphique comparable à celle indiquée plus haut, mais avec prédominance des quartzites à muscovite et rareté des roches à épidote; on y rencontre, en outre, des calcaires de cristallinité variée, parmi lesquelles il faut surtout signaler des cipolins à grands éléments renfermant de la chondrodite, du diopside, etc. Ils sont associés à des granites à albite.

Au kilomètre 16, se trouve une roche remarquable, une *leptynite à riebeckite et œgyrine,* offrant une grande ressemblance avec celle de Cevadaes, Portugal; c'est le second exemple connu de cette roche.

A partir de San-Salvador, jusqu'à Bembe, a été observée une épaisse formation de roches sédimentaires, surtout constituée par des calcaires quartzifères et d'arkoses. A Kiballa, près de Bembe, les quartzites et chloritoschistes réapparaissent, puis à Bembe, le granite et le gneiss du substratum sont recouverts par les mêmes calcaires et quartzites dont il vient d'être question, mais ils sont parfois imprégnés de malachite.

Entre Ambriz et Bembe, sur une longueur d'environ 65^{km} à partir de la côte, le sol est constitué par des gneiss et des granites, au milieu desquels, au kilomètre 19, apparaît une micronordmarkite rougeâtre.

---

(1) E. VINCENT, LOUIS DOLLO et MAURICE LERICHE, *La faune paléocène de Landana,* 1913.

District de Loanda. — Il me reste, pour terminer à signaler entre Senza do Itombé et Bango, une série de roches éruptives alcalines comprenant une *syénite néphélinique* à augite et amphibole noire, des *tinguaïtes*, qui renferment parfois de gros cristaux de barkévicite et enfin une *phonolite néphélinique*.

Parmi les roches, qui viennent d'être rapidement énumérées, il faut prêter une importance toute particulière aux roches alcalines. On sait, en effet, que les travaux récents ont montré la grande dissémination de ces roches sur le pourtour de l'Afrique. Une vaste région africaine était restée cependant exceptionnelle à ce point de vue, c'est celle comprise entre le Dahomey et la Nigéria, où des granites à riebeckite ont été rencontrés, et le Transvaal, où sont connues des syénites néphéliniques.

La découverte de syénites néphéliniques et de roches annexes, dans l'Angola, vient combler cette lacune. Quant aux roches quartzifères à riebeckite, ce sont vraisemblablement des orthogneiss qui, aux points de vue minéralogique et chimique, peuvent être comparés aux granites, auxquels je viens de faire allusion.

BOTANIQUE. — *Influence de la grosseur des graines sur le développement général et l'anatomie des plantes.* Note de M. **Marcel Delassus**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'influence de la grosseur des graines a retenu jusqu'ici l'attention de nombreux physiologistes; mais la plupart n'ont examiné la question qu'à un point de vue spécial et purement pratique : ils ont surtout cherché à étudier les relations pouvant exister entre le poids de la semence et la quantité et la qualité des récoltes obtenues. J'ai repris l'étude de cette question dans le but de rechercher l'influence de la grosseur de la graine sur le développement général et l'anatomie des plantes et voici les résultats auxquels je suis arrivé en opérant sur *Faba vulgaris*, *Vicia sativa*, *Cicer arietinum*, *Lupinus albus*, *Cucurbita Pepo*, *Zea Mays*.

Voici comment j'ai procédé : 40 grosses graines et 40 petites de poids demi-moindre, de même provenance et convenablement choisies, sont mises à tremper 24 heures dans l'eau; on les met ensuite à germer dans une étuve et au bout de 24 ou de 48 heures suivant les cas, on prend celles dont la radicule a percé légèrement le tégument; on les met en pleine terre, à la même distance les unes des autres et, autant que possible, dans un sol

n'ayant reçu aucune fumure pendant l'année courante de façon à rendre plus sensible encore l'action des réserves de la graine.

Dès le début de la germination, des différences fort nettes s'observent. En général, les plantules issues de grosses graines (lot I) sortent de terre avant celles provenant de petites graines (lot II), bien que celles-ci percent, en général, le tégument avant celles-là.

Des différences morphologiques très nettes se manifestent pendant tout le cours de la végétation; la tige des plantes du lot I atteint, en moyenne, un développement plus considérable que celle des plantes du lot II et ce ralentissement dans la croissance des végétaux, issus de graines à réserves peu abondantes, se poursuit pendant toute la durée de la vie du végétal, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Fève....	171mm	146mm	408mm	323mm	664mm	528mm
	1 mois.		2 mois.		3 mois.	

Le nombre et la dimension des feuilles et des folioles sont aussi en rapport avec la quantité de réserves mises à la disposition de l'embryon, ainsi qu'on le constate sur le Tableau suivant :

			I.	II.	I.	II.	I.	II.
Fève.	Nombre de feuilles		7,7	6,6	48,7	34,6	96	78
	Nombre de folioles		19,1	15,1	154,5	112,6	386	308
	Dimension des folioles....	larg..	48mm	39,9	47	40,7	»	»
		long..	71mm,9	59,8	75,9	67,1	»	»
			1 mois.		2 mois.		3 mois.	

Le système radiculaire présente aussi des modifications en rapport avec la grosseur de la graine et portant surtout sur le nombre et le développement des radicelles qui est bien plus considérable dans les plantes du lot I que dans celles du lot II.

La floraison est aussi influencée par la vigueur de la plante. Elle est généralement plus précoce pour les plantes du lot I, et le nombre de fleurs portées par celles-ci est aussi plus considérable. Ces fleurs donnent naissance à des fruits plus nombreux et plus gros que n'en ont les plantes du lot II.

J'ai noté également, tous les mois, les différences de poids sec existant entre les plantes de chacun des lots. J'ai opéré chaque fois sur cinq échantillons qui ont été soumis à l'étuve, à 110°, pendant 10 heures.

	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Fève......	5,577	3,428	9,20	5,58	29,3	20,5
	1 mois.		2 mois.		3 mois.	

A ces différences morphologiques correspondent des différences anatomiques des parties comparables.

Si l'on fait une coupe de la tige ou de la racine d'une plante du lot I et d'une plante du lot II, on est d'abord frappé par la différence de surface des deux coupes obtenues.

La diminution de surface qu'on observe chez les plantes du lot II résulte d'une réduction sensible de tous les tissus du végétal, mais surtout du bois et du liber. La faible quantité de réserves de la graine a également pour conséquence, dans certains cas, la diminution du nombre des faisceaux libéro-ligneux de la tige. Dans une tige de Fève d'un mois, par exemple, issue de grosses graines, on compte 18 faisceaux bien développés, tandis qu'on n'en trouve que 14 ou 15 dans les tiges provenant de petites graines.

L'abondance des réserves mises à la disposition de l'embryon se manifeste aussi par le fonctionnement plus rapide des assises génératrices, par le plus grand développement des tissus secondaires, surtout du bois et des tissus de soutien (sclérenchyme et collenchyme).

En résumé, la faiblesse des réserves de la graine a une influence considérable sur le développement général et l'anatomie des plantes qui en proviennent. Cette influence est tout à fait comparable dans ses résultats à celle qu'exerce la suppression artificielle d'une partie des réserves de la graine, dont j'ai déjà étudié l'action dans des travaux antérieurs.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Passage d'un pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges d'automne au pigment jaune contenu dans les feuilles vertes de la même plante*. Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Il résulte des faits exposés dans une précédente Note ([1]) que la production expérimentale du pigment anthocyanique rouge contenu en automne dans les feuilles de Vigne-vierge (*Ampelopsis hederacea*) peut être réalisée, en dehors de l'organisme, en réduisant le pigment jaune-brun qui se forme pendant la période de végétation active dans les feuilles vertes de cette plante.

Le pigment rouge des feuilles d'automne de la Vigne-vierge peut donc

([1]) Raoul Combes, *Production expérimentale d'une anthocyane identique à celle qui se forme dans les feuilles rouges en automne, en partant d'un composé extrait des feuilles vertes* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1002).

être considéré comme résultant de la réduction du pigment jaune qui se trouve normalement dans les feuilles vertes.

Cette nouvelle conception de la formation des pigments anthocyaniques, basée sur des faits nettement établis, est en contradiction complète avec toutes les opinions qui ont été émises jusqu'à ce jour sur cette question.

Le fait que le pigment jaune-brun contenu dans les feuilles vertes peut être transformé en pigment anthocyanique par réduction permettait de supposer qu'on pourrait effectuer la transformation inverse : passage du pigment anthocyanique au pigment jaune par oxydation. J'ai pu réaliser cette transformation.

Le pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges de Vigne-vierge, purifié par deux cristallisations dans l'alcool et trois cristallisations dans l'eau, et dissous dans l'alcool à 90°, donne une solution de couleur pourpre, qui, additionnée de son volume d'eau oxygénée, passe peu à peu au rouge-brun, puis au jaune. De la solution jaune, ainsi obtenue, j'ai extrait un pigment jaune-brun cristallisé en aiguilles groupées en rosettes.

Ce pigment jaune artificiel obtenu en partant du pigment anthocyanique naturel, purifié par cristallisations dans l'alcool et dans l'eau, commence à se décomposer au bloc Maquenne à 182° comme le pigment jaune naturel; la fusion instantanée des deux corps a lieu aussi à la même température, vers 226°-229°. Le pigment artificiel et le pigment naturel, dissous en faible proportion dans l'alcool, donnent des solutions d'un jaune clair dont la teinte n'est pas modifiée par addition d'un acide minéral, l'acide chlorhydrique par exemple. Les solutions des deux corps virent au jaune brun par alcalinisation au moyen de la soude; avec la baryte, il y a, en outre, formation d'un précipité jaune orangé. Les deux pigments sont précipités de leur solution, en jaune serin par l'acétate neutre de plomb, en jaune orangé par l'acétate basique; ils sont colorés en vert noirâtre par le chlorure ferrique; ils ne sont pas précipités par le sulfate de zinc, le sulfate de cuivre, l'antipyrine et la caféine. Leur solution dans l'eau ou l'alcool ne présente aucune modification de coloration par addition de bisulfite de soude.

La solution alcoolique du pigment jaune artificiel, traitée par l'amalgame de sodium en présence d'acide chlorhydrique, régénère le pigment anthocyanique rouge.

Il est donc possible, non seulement de réaliser, par réduction des pigments jaunes, la production expérimentale des pigments rouges, mais encore de passer des pigments rouges aux pigments jaunes, par oxydation. Ces résultats établissent, d'une manière définitive, que les pigments anthocyaniques ne résultent pas, comme on l'a supposé jusqu'ici, de l'oxydation de *chromogènes* ou de *proanthocyanes* préexistant dans les cellules. *Ce n'est pas un phénomène d'oxydation, mais au contraire un phénomène de réduction qui est à la base de la formation des anthocyanes.*

Le pigment jaune, qui se forme normalement dans les feuilles vertes de Vigne-vierge, ne peut d'ailleurs être appelé un *chromogène :* tout d'abord parce qu'il constitue lui-même un pigment et n'est pas seulement un générateur de pigment; et même, si l'on donne au mot *chromogène* le sens de générateur d'anthocyane, cette appellation ne peut convenir parce que le pigment jaune ne précède pas dans tous les cas la formation du pigment anthocyanique; souvent, en effet, l'anthocyane est le premier pigment qui apparaît dans la cellule, le pigment jaune ne s'y rencontre pas, ou bien ne prend naissance qu'après l'anthocyane; c'est ce qui a lieu, par exemple, dans le rougissement des jeunes feuilles au printemps.

Le terme *proanthocyane* ne convient pas mieux, car, ainsi que je viens de le dire, le pigment jaune ne précède pas toujours le pigment rouge; mais, d'autre part, ce terme implique l'idée d'un corps transitoire dont toute l'importance est de donner naissance à l'anthocyane.

Or cette manière de voir est actuellement en contradiction avec les nouveaux résultats que j'ai obtenus. Il est évident, qu'au point de vue physiologique, le pigment jaune que j'ai isolé, et qui correspond dans une certaine mesure aux *chromogènes* ou aux *proanthocyanes* de quelques auteurs, présente au contraire l'importance la plus grande. En effet, le pigment jaune se forme dans les feuilles pendant toute la période de végétation active, tandis que le pigment anthocyanique n'existe que dans les jeunes feuilles incomplètement développées ou dans les vieilles feuilles en train de mourir.

Les premiers résultats, obtenus dans l'étude de la composition chimique du pigment jaune et du pigment anthocyanique rouge de la Vigne-vierge, me conduisent à considérer ces deux corps comme appartenant au groupe des phéno-γ-pyrones. On sait qu'un certain nombre de représentants de ce groupe ont été extraits des végétaux où ils constituent des pigments jaunes et ont pu être reproduits synthétiquement. Il paraissait intéressant de soumettre quelques-uns de ces corps, dont la constitution est parfaitement connue, à l'action réductrice qui m'a amené à la production artificielle de l'anthocyane.

Placés dans des conditions identiques à celles qui m'ont permis de transformer le pigment jaune naturel de la Vigne-vierge en anthocyane, les corps sur lesquels j'ai opéré ont donné naissance à des pigments rouges qui présentent les propriétés des anthocyanes. Les pigments jaunes que j'ai employés ayant été reproduits par synthèse, l'identification définitive avec les anthocyanes naturelles des pigments rouges qu'ils m'ont fourni par

réduction, permettrait de considérer comme effectuée la synthèse des pigments anthocyaniqnes à partir des éléments.

J'aurai l'occasion de revenir sur cette question dans une prochaine Note, en faisant connaître de nouveaux faits permettant d'établir une théorie du mécanisme de la formation des pigments jaunes, rouges, violets et bleus, basée, non plus sur des hypothèses, comme toutes les explications qui ont été proposées jusqu'ici par de nombreux auteurs et par moi-même d'ailleurs, mais uniquement sur des faits nettement établis.

On peut conclure de cette partie de mes recherches que *le pigment jaune, qui se forme dans les feuilles vertes de Vigne-vierge pendant la période de végétation active, peut être obtenu expérimentalement, en dehors de l'organisme, par oxydation du pigment anthocyanique rouge des feuilles d'automne.*

Ce résultat complète celui dont j'ai antérieurement rendu compte : production expérimentale du pigment anthocyanique rouge par réduction du pigment jaune naturel.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Études sur les pailles de Blé.* Note de MM. **L. Blaringhem** et **E. Miège**, présentée par M. E. Roux.

Les botanistes et les agronomes distinguent nettement, dans leurs classifications des Blés cultivés, les Engrains, les Épeautres, les Blés durs des autres espèces, sans doute à cause de la grande fixité d'un petit nombre de caractères distinctifs qu'ils résument en diagnoses courtes et précises. Il n'en est plus de même des Blés appartenant aux espèces *vulgare, compactum, dicoccum, turgidum,* etc.; les limites de ces groupes varient selon les auteurs, et, malgré les remaniements incessants des classifications au cours du siècle dernier, il subsiste actuellement encore bien des doutes sur la valeur spécifique de ces grandes subdivisions. Il est fort intéressant de montrer que les hésitations rencontrées dans la comparaison des épis se retrouvent dans l'étude des pailles; on pourra peut-être ainsi en déceler les causes.

En plus des formes anomales et peu cultivées appelées *Blé de Miracle* (*Triticum compositum* L.) et *Blé de Pologne* (*Tr. polonicum* L.), les anciens agronomes et classificateurs distinguaient quatre types : le Blé ordinaire ou Froment, le Blé dit *anglais* ou Poulard, l'Épeautre et l'Engrain. Linné (1753) divisa le premier groupe en deux espèces, *Tr. æstivum* (d'été) et *Tr. hybernum* (d'hiver), et donna aux autres des

noms, selon la nomenclature binaire : *Tr. turgidum*, *Tr. Spelta*, *Tr. monococcum*. Peu après, Schrank (1789) détacha du dernier le groupe *Tr. dicoccum*, et Desfontaines (1798) le *Tr. durum* compris dans *æstivum* de Linné. Il importe de constater que les subdivisions *Spelta*, *monococcum*, *durum* ont été conservées depuis par tous les auteurs, alors que les opinions les plus divergentes ont eu cours, au XIXᵉ siècle, relativement aux types *æstivum*, *hybernum*, réunis par Lamarck (1896) dans le groupe *sativum*, appelés *vulgare* par Villars, distingués des *cereale* par Schrank, des *compactum* par Host, divisés en *muticum* et en *aristatum* par Schübeler, etc.

La classification moderne de Seringe (1818 et 1842), adoptée par L. et H. de Vilmorin, celles de Metzger (1824 et 1841), de Desvaux (1833), d'Alefeld (1866), de Körnicke (1885), ne donnent pas de nouvelles précisions sur la valeur spécifique de ces derniers groupes et les recherches dont il va être question ont été entreprises dans le but d'apporter un peu de clarté dans ce problème qui offre un intérêt considérable, tant au point de vue agricole que botanique.

L'étude des groupements de caractères (qui ne sont pas toujours indépendants), de l'hérédité offerte par les lignées pures pédigrées opposées aux lignées hybrides, et aussi des variations différentes des lignées pures et des lignées hybrides sous l'action des changements de sols et de climats, la réussite enfin de quelques hybridations difficiles ont donné à l'un de nous la conviction que les *Triticum vulgare* Villars, *Tr. dicoccum* Schrank et *Tr. turgidum* L. sont, en réalité, des hybrides fertiles et stables dans lesquels on retrouve intacts un certain nombre de caractères propres aux bonnes espèces *Tr. durum* Desf., *Tr. monococcum* L. et *Tr. Spelta* L. Cette conviction reposait exclusivement, de même que les diagnoses des espèces, sur le groupement des caractères des épis et des épillets, et elle trouve une confirmation dans les résultats de l'étude anatomique des pailles de ces différents Blés résumés dans cette Note :

« 1° Des coupes, faites à différents niveaux dans les chaumes de *toutes* les espèces de *Triticum* cultivés, montrent que la structure anatomique se complique en allant du sommet à la base et aussi que la différenciation est plus accusée chez les variétés d'hiver que chez les variétés d'été; ce qui se traduit par un épaississement des parois cellulaires, par une augmentation du nombre et de la taille des faisceaux ligneux, par une dissémination plus considérable de ces faisceaux liée naturellement à une épaisseur plus grande de la paille. »

2° Au point de vue de la structure anatomique, en particulier en ce qui concerne le nombre, les dimensions et la répartition des faisceaux vasculaires des chaumes, les espèces *Tr. Spelta*, *Tr. durum* et *Tr. monococcum* sont très homogènes et bien distinctes.

a. Chez *Tr. Spelta*, les nombres de faisceaux de la base sont particulièrement bien fixés : 20 pour *T. S. Duhamelianum* d'hiver, 18 à 20 pour *T. S. Duhamelianum* d'été, 22 pour *T. S. cœruleum* et *Alefeldii;* la réduction des nombres au sommet est à peine sensible, le minimum étant 18 et le maximum 20.

b. Tous les chaumes de *Tr. durum* correspondent à des formes de printemps : on compte 16 faisceaux à la base et au sommet de *T. d. hordeiforme*, de 16 à 18 pour *T. d. Reichenbachii*, 20 pour *T. d. afrieanum* Kcke.

c. Les faisceaux vasculaires des pailles de *Tr. monococcum*, souvent en nombres fort élevés (35 et plus), sont répartis en plusieurs cercles concentriques, caractéristiques des Engrains.

En tenant compte de l'absence de moelle dans les Épeautres, d'une moelle abondante dans les *durum*, on a une série de *caractères anatomiques permettant l'analyse botanique de la nature spécifique et de la valeur des pailles de ces espèces*.

3° Au point de vue de la structure anatomique, les chaumes des formes classées dans les espèces *Triticum vulgare* Villars, *Tr. dicoccum* Schrank et *Tr. turgidum* Linné sont fort hétérogènes et, malgré cette hétérogénéité, on trouve des affinités des diverses lignées (ou variétés) avec les espèces à paille homogène étudiées dans le paragraphe précédent.

On compte en moyenne, sur les coupes de la base des chaumes, 44 faisceaux vasculaires dans *Tr. dicoccum Krausei*, 42 dans *Tr. dic. tricoccum*, ce qui les rattache à l'espèce homogène *Triticum monococcum;*

28 dans *Tr. dic. rufum*, 24 dans *Tr. dic. cladurum* et *pycnurum*, 20 dans *Tr. dic. majus;*

La structure des sommets des chaumes est toujours plus simple avec un maximum de faisceaux 25, pour l'ensemble des *dicoccum;*

Dans les *Triticum vulgare*, les nombres des faisceaux de base oscillent entre 20 et 32; dans les *Tr. compactum* entre 20 et 36; dans les *Tr. turgidum* entre 20 et 28.

Ainsi, malgré un ensemble de caractères morphologiques externes homogènes en apparence, l'anatomie permet de déceler l'hétérogénéité réelle de groupes dont la valeur spécifique n'est pas d'ailleurs nettement établie dans les semis.

De plus, l'un de nous a obtenu (1910) un type de blé devant être classé parmi les *dicoccum* par le croisement *Tr. monococcum* × *Tr. durum;* il a fait apparaître dans des croisements divers entre *vulgare* et *turgidum* des caractères appartenant manifestement aux souches *Spelta* et *durum*. On peut donc attribuer à des hybridations fort éloignées de nous l'origine des types stables classés dans les espèces polymorphes *dicoccum*, *vulgare* et *turgidum*.

Cette découverte n'est d'ailleurs qu'une application de la théorie de Naudin relative aux hybrides entre espèces : « *Les pailles des blés hybrides sont de véritables mosaïques hétérogènes et instables* de caractères beaucoup mieux définis, et transmis sans altérations, dans les lignées *Spelta*, *durum* et *monococcum*, pures à ce point de vue ».

BIOLOGIE. — *Expériences sur la baguette des sourciers.*
Note de M. **Armand Viré**, présentée par M. Edmond Perrier.

La question des sourciers a attiré de nouveau, depuis quelque temps, l'attention du public et du monde savant, et il nous a paru bon d'instituer sur la matière une petite série d'expériences rapidement contrôlables.

Nous nous sommes volontairement cantonné dans un domaine strictement limité : « Parmi ceux qui se prétendent sourciers, en est-il vraiment qui peuvent, au moins dans la majorité des cas, reconnaître la présence des eaux, des cavités, des métaux, de divers minéraux, en déterminer la nature. la forme et la profondeur ».

Nous avons pensé qu'ainsi conçu, le problème était assez vaste pour l'instant, et qu'avant de rechercher les causes et les processus du phénomène, il était logique d'en établir l'existence même.

Nous avons expérimenté : 1° sur les métaux; 2° sur des substances organico-minérales (squelettes); 3° sur les eaux et les cavités souterraines.

Nous avons examiné divers sujets : des professionnels comme MM. Probst, Pélaprat, l'abbé Mermet, etc., et des amateurs, comme M. Prodel, etc. Enfin nous-mêmes avons suivi et contrôlé à la baguette les indications des sujets en expérience.

Métaux. — A Luzech (Lot), dans l'enceinte de l'oppidum gaulois de l'Impernal, M. Pélaprat et moi sentîmes, en un point que nous marquâmes soigneusement, un corps indéterminé, mais qui n'était pas de l'eau et était à 4^m de profondeur. Une fouille nous donna, à 4^m de profondeur, un petit tas de scories de fer, de pointes de flèches en fer et des anneaux en bronze. Fouillé à plusieurs mètres à l'entour, le sol ne nous donna plus rien.

A un autre endroit, une fiche en fer fut annoncée par M. Pélaprat à $0^m,65$ de profondeur et y fut effectivement trouvée.

Il en fut de même à Baume-les-Messieurs (Jura) pour un gros clou annoncé à $0^m,45$ et qui y fut récolté.

Squelettes. Au Puy d'Issolud, commune de Vayrac (Lot), M. Pélaprat dénonce la présence de deux sépultures à 1^m et 2^m de profondeur. Exact. Une troisième, indiquée à 2^m, contenait en outre, d'après l'opérateur, une petite masse de fer. Les fouilles donnèrent un squelette muni d'un *scramasax* ou grand couteau de fer de l'époque franque.

A Limogne (Lot), il indiqua un squelette dont la partie supérieure du corps, enfoui à $1^m,50$ reposait sous le mur de fondation de l'église, position qui fut reconnue exacte. A Luzech, il indiqua à $1^m,50$ des ossements qui furent trouvés au point indiqué.

Une inexactitude pourtant doit être relevée. Au Puy-d'Issolud, M. Pélaprat indiqua, près de la fontaine de l'Oulié, un ossuaire à $2^m,40$ de profondeur. Les fouilles ne donnèrent à cette profondeur qu'une couche archéologique avec poteries, mais contenant toutefois des débris de cuisine composés *d'ossements d'animaux*.

Eaux et cavités souterraines. — Sur le plateau qui domine Luzech, M. Pélaprat, conduit au bord d'un gouffre (Igue Cantarel), lui donna $18^m,50$ de profondeur. Une fissure impénétrable amenait l'eau de l'Est, une autre également impénétrable l'emmenait à l'Ouest, et en outre il y avait au Sud-Est un étroit diverticule de $0^m,60$ de large et 4^m de long. Tout cela fut reconnu minutieusement exact. Suivant le cours de l'eau à l'Ouest, M. Pélaprat nous amena à 187^m sur un puits à eau, et à 584^m, sur la verticale de la *source du Bourrut* qui sort au pied de la falaise.

A Cournoux, commune de Saint-Vincent-Rive-d'Olt (Lot), M. Pélaprat nous traça très minutieusement les contours d'une grotte, indiqua deux galeries, malgré les dires d'une personne du pays, présente, affirmant qu'il n'en existait qu'une et nous dit qu'avant la fin, à 30^m et à 10^m de la bifurcation, ces galeries devaient être obstruées. Nous fîmes alors le plan intérieur de la grotte, et toutes les indications furent reconnues exactes à $0^m,50$ près.

Au Puits de Padirac (Lot), MM. Pélaprat et l'abbé Mermet, séparément et à plusieurs jours d'intervalle, nous tracèrent, en présence de M. E.-A. Martel, le plan de la partie amont de la rivière souterraine. Leurs plans coïncident assez exactement, comme tracé et comme profondeur, avec les plans levés, il y a plusieurs années, par M. Martel.

Nos deux sourciers suivirent de même les galeries aval jusqu'à 3^{km} de l'entrée, point où la rivière cesse d'être explorée et pénétrable. Continuant à suivre le cours de l'eau, ils trouvèrent au quatrième kilomètre une bifurcation. La branche de l'Ouest, suivie par M. Pélaprat, le conduisit, après

dix autres kilomètres de parcours, à la source de Gintrac, dans la vallée de la Dordogne; celle de droite, après un parcours de 12^{km}, et après s'être divisée en 8 branches au voisinage des falaises de la Dordogne, aboutit enfin à la fontaine de Granou.

Nous n'avons pas encore vérifié ces derniers résultats à la fluorescéine; mais d'ores et déjà on peut dire que les opérateurs ont abouti à deux points d'eau inconnus d'eux auparavant, et qui sont très vraisemblables.

Bien plus caractéristique encore est l'expérience réalisée aux grottes de Lacave (Lot), par MM. Probst, Pélaprat et l'abbé Mermet.

Nous possédons de ces grottes un plan de précision, *inédit*, dressé il y a une dizaine d'années par M. l'ingénieur E. Brunet et conservé jusqu'ici absolument secret. Il n'en a été publié qu'une réduction *tronquée* et *condensée*, suffisante pour l'usage touristique auquel elle est destinée, mais dont l'étude préalable aurait conduit les sourciers malins qui eussent voulu frauder, à des résultats inexacts à plusieurs centaines de mètres près.

Nous nous trouvions donc dans des conditions idéales d'expérimentation.

Les sourciers, indépendamment les uns des autres, ont commencé par piqueter à la surface du sol sur 350^m de long, un tunnel artificiel, servant d'accès aux grottes, large de $2^m,50$, haut de 2^m, coudé et situé à une profondeur de 75^m à 100^m sous leurs pieds. Ils déterminèrent ses très petites sinuosités, puis arrivèrent dans les galeries naturelles, dont ils suivirent toutes les parois.

Un plan très soigné fut dressé après leurs expériences, à la même échelle ($\frac{1}{1000}$) que celle de l'ingénieur Brunet. Ce plan coïncida *dans toutes ses parties, à 1 millimètre près*, avec le premier.

L'expérience fut réussie plus tard avec même succès par M. Prodel.

Ces Messieurs déterminèrent en outre 2^{km} de cavités inconnues et qui vont être recherchées, ainsi qu'une rivière souterraine suivie sur 1200^m de long. La partie amont n'a pu être vérifiée, mais pour la partie aval, cette rivière qui, d'après M. Probst, se bifurquait deux fois, fut conduite par lui jusqu'au sommet des falaises qui dominent la Dordogne, *juste sur la verticale de quatre résurgences temporaires, ne fonctionnant pas à ce moment*, mais bien connues de nous et qui se remirent à couler après les grandes pluies des jours suivants (courant d'octobre).

Un certain nombre d'autres expériences ont été effectuées, mais comme la vérification n'en est pas faite, nous n'en parlerons pas pour le moment.

Malheureusement, il y a sourciers et sourciers, et, pratiquement, on ne saurait être trop prudent dans le choix de ces spécialistes.

Si MM. Probst et l'abbé Mermet n'ont commis aucune erreur dans leurs expériences, si M. Pélaprat n'en a commis qu'une et encore combien vénielle, il n'en a pas été de même pour certains autres.

C'est ainsi que deux sourciers *se prétendant très entraînés*, l'un de la région de Cahors, l'autre de l'Est, mis sur des terrains où nous connaissions la présence de vides et de cours d'eau, ont été absolument incapables de nous fournir la moindre indication exacte. Nous avons su que, quelque temps après notre examen, et malgré nos conseils, l'un d'eux, ayant indiqué chez un particulier la présence de l'eau à 8^m, ne rencontra que le rocher, bien que le puits creusé sur ses indications, eût été poursuivi jusqu'à 18^m.

PHYSIOLOGIE. — *Les localisations physiologiques de l'encéphale en contraste avec les destructions étendues de cet organe.* Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. Ed. Perrier.

On attribue, et non sans raison, des fonctions physiologiques particulières aux diverses régions de l'encéphale. Les travaux de Ferrier, de Harslez, de Charcot en font foi.

Cependant Galtz a pu détruire en 1889 la plus grande partie du cerveau de deux chiens qui ont survécu pendant un an sans grands troubles cérébraux. M. Zoliony (de Saint-Pétersbourg), a récemment renouvelé l'expérience de Galtz sur quatre chiens, dont l'un a pu survivre pendant 15 mois et 3 semaines.

M. Pierre Marie a fortement sapé la théorie de l'aphasie que l'on considérait et que l'on considère encore aujourd'hui, comme liée à la destruction de la troisième circonvolution gauche (C. de Broca).

Nous avons observé de notre côté un cas unique dans son genre que nous allons rapporter ici et qui montre la fragilité de la doctrine des localisations cérébrales.

Un *hémophile* de 62 ans a été blessé un jour à l'occiput par un porte-embrasse pointu de rideaux. Il s'ensuivit un léger saignement, et l'accident était oublié depuis longtemps lorsque le patient, au bout d'un mois environ, a commencé à voir trouble. Un oculiste ayant constaté une stase notable de la papille gauche, le regretté Zambaco et nous-même avons été appelés pour émettre un avis.

L'intelligence était légèrement atteinte, la mémoire avait un peu diminué. Le malade ne souffrait de rien, il était content et heureux. Le langage était un peu troublé, mais on pouvait attribuer cet état au manque de dents. L'audition, la gastation, la tactilité étaient à peu près normales. On a surpris le patient, et plus d'une fois, en train de commettre des actes

érotiques : cet homme très pudique avait notamment perdu la notion de la honte. La vision baissait de plus en plus; enfin, un jour, au bout d'un an environ du début de l'affection, ce malade en béatitude fut emporté par une crise d'épilepsie jacksonienne.

A l'ouverture du crâne, nous avons été débordé par un encéphale qui cherchait un peu plus de place. Il pesait 1800^g. Des veines dilatées parcouraient la surface, sur un fond rose pâle. Une incision, timidement pratiquée sur la partie saillante, a fait jaillir un pus d'une fétidité extraordinaire. Tout ce liquide épais étant vidé, il ne restait plus qu'une mince écorce de substance cérébrale. L'examen bactériologique montra que le *Bacillus fetidus*, le *B. refringens* et le *Streptr.* anaérobie y pullulaient. Les recherches histologiques nous ont fait voir la nécrobiose jusqu'à la circonvolution ascendante frontale (Zone excitable de Campbell).

Ainsi les deux lobes frontaux, les pariétaux, les temporaux, les occipitaux, etc. étaient en *très grande partie* mortifiés, et ce malade a pu vivre pendant un an sans grands phénomènes pathologiques appréciables.

M. Van Gehuchten a publié récemment ([1]) deux cas dans lesquels une grosse tumeur aplatissant les deux lobes frontaux, chez un jeune homme de 27 ans, et un vaste abcès ayant détruit tout le lobe gauche, ne s'étaient traduits par *aucun symptôme de graves lésions* de l'encéphale.

Quelles conclusions faut-il tirer de ces faits?

A notre avis, la doctrine des localisations basée sur des expériences insuffisantes, doit être revisée. C'est ce que M. Pierre Marie a essayé de faire avec sa grande autorité en la matière pour l'aphasie.

En outre, il est probable que des compensations se font dans l'intimité mutuelle des éléments nerveux et, par ce mécanisme général à toute la physiologie, la vie conserve ses droits aussi longtemps que possible.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'action des matières colorantes sur le cœur et la pression.* Note de MM. **I.-G. Garfounkel** et **J. Gautrelet**, présentée par M. Yves Delage.

Nous n'avons guère trouvé, dans la bibliographie relative à l'étude de l'action des matières colorantes sur la circulation, que les recherches de Cazeneuve; et encore celles-ci ont-elles été effectuées à l'aide de mélanges de colorants, le but poursuivi étant surtout d'ordre toxicologique.

([1]) Académie de médecine de Belgique, 28 juin 1913.

Du fait des travaux antérieurs de l'un de nous [1] sur l'action physiologique du bleu de méthylène, nous avons tout d'abord dirigé nos recherches sur cette couleur d'aniline et sur la thionine qui appartient au même groupe. Comme colorant d'origine végétale, nous avons étudié l'hématoxyline.

I. *Bleu de méthylène.* — Nos recherches ont été faites avec une solution à 1^{g} pour 100; l'injection était pratiquée dans la saphène du chien chloralosé, la pression enregistrée à la carotide.

Si la dose injectée est très faible, 1^{cm^3} au total pour un chien de 11^{kg} (*Sébastopol*), on ne constate aucun effet sur la pression; à peine observe-t-on une légère diminution de l'amplitude du cœur.

Si l'on injecte, par contre, $0^{cm^3},5$ (*Argent*) et surtout 1^{cm^3} (*Magenta, Centenaire*) par kilogramme, on observe régulièrement les phénomènes suivants : tout d'abord, une élévation brusque de la pression, élévation fugace durant quelques secondes pouvant atteindre 4^{cm} et 8^{cm}; puis les contractions cardiaques devenant très petites et très rapides, la pression baisse subitement de 4^{cm} à 10^{cm} au-dessous de la normale; elle se maintient ainsi un temps plus ou moins long et parfois ne se rétablit à son niveau primitif qu'après une heure, le cœur reprenant peu à peu son amplitude première.

Enfin, avec une dose de 2^{cm^3} de la solution par kilogramme chez *Magenta*, on a vu la pression s'élever de 16^{cm} à 26^{cm} pour redescendre aussitôt à 3^{cm}, mais elle était redevenue normale en 45 minutes.

Nous avons, d'autre part, réalisé une circulation artificielle de bleu de méthylène en solution dans le liquide de Locke, à travers le cœur isolé de grenouille.

Alors que les solutions renfermant 1^{cg} et 2^{cg} de colorant pour 100^{cm^3} de Locke, n'ont pas d'action sensible sur le cœur, la solution à 5^{cg} pour 100 est toxique; en moins de 10 minutes, ne modifiant qu'à peine le rythme cardiaque, elle diminue l'amplitude de moitié et après 15 minutes le tracé n'indique plus que des systoles extrêmement faibles.

II. *Thionine.* — L'action toxique de la thionine sur le cœur isolé de grenouille se manifeste avec des doses moindres que celles de bleu de méthylène. Une solution renfermant 1^{cg} de thionine pour 100^{cm^3} de Locke, après avoir provoqué des phénomènes d'arythmie, diminue légèrement l'amplitude du cœur, et une solution à 2 pour 100 est suffisante, après avoir ralenti le rythme cardiaque et progressivement diminué l'amplitude, pour arrêter le cœur en 30 minutes.

---

(1) J. Gautrelet et Henri Gravellat, *C. R. Soc. biol., passim.*, 1905 et 1906.

Par contre, l'action de la thionine sur la pression n'est point comparable à celle du bleu.

Nous avons pu injecter chez le chien des doses de 1^{cm^3}, 2^{cm^3}, 3^{cm^3} et 4^{cm^3} par kilogramme d'une solution saturée à 1 pour 100, sans abaisser la tension, sans diminuer l'énergie des contractions cardiaques.

Chilien (7^{kg}) pour prendre un exemple à une pression normale de 16-17, il reçoit successivement en 30 minutes 1^{cm^3} au total, puis 4^{cm^3}, puis 7^{cm^3} de solution thionique; la pression minimale n'a pas varié; du fait d'une extrêmement faible augmentation de l'amplitude du cœur, la pression maximale atteint parfois 17,5. Au reste, cette amplification légère de la systole est-elle le seul phénomène que nous ayons à retenir; en général, on ne l'observe pas immédiatement après l'injection de thionine; on peut la constater chez *Ministre*, 30 minutes après que l'animal a reçu 1^{cm^3} par kilogramme. Mais elle n'est pas constante; nous ne l'avons observée ni chez *Auvergnat*, ni chez *Berrichon*.

Il est intéressant de remarquer que chez ces derniers le cœur, au moment de l'injection, présentait une grande amplitude, alors que chez *Ministre*, en particulier, il semble que la thionine n'ait guère fait que restituer à un cœur légèrement déprimé son amplitude normale. C'est d'ailleurs l'impression qui se dégage d'autres tracés. Nous avons eu l'occasion d'injecter de la thionine chez des chiens dont le cœur avait subi une diminution d'amplitude marquée du fait d'injection de peptone (*Scott*). Nous avons constaté une augmentation marquée de l'énergie systolique tendant à conférer au myocarde son amplitude primitive.

III. Pour les résultats avec la solution d'hématoxyline à 1 pour 100, nous serons brefs : nous n'avons constaté aucune modification cardiaque ni circulatoire durant l'heure qui suivit l'injection de 1^{cg} par kilogramme chez *Espoir*.

Nous avions insisté précédemment (en 1906) sur l'inactivité physiologique de ce colorant végétal et demandé qu'on le substituât en clinique, au cours des explorations d'organes, au bleu de méthylène, dont nous avions déjà montré l'action marquée sur le foie, le rein et la nutrition en général.

ZOOLOGIE. — *De la distribution verticale du plankton dans le lac de Genève.* Note de M. **Émile Yung**, présentée par M. Edmond Perrier.

Un bateau à moteur, l'*Édouard-Claparède*, spécialement appareillé en vue de recherches limnologiques, m'a permis d'étendre considérablement

les études relatives à la répartition du plankton dans le lac de Genève dont j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir l'Académie ([1]). Voici, en ce qui touche à la distribution verticale, les conclusions tirées de l'examen qualitatif et quantitatif des produits d'une série de pêches pratiquées à raison d'une ou deux par mois, de novembre 1911 à novembre 1913, sur deux points situés, le premier dans le « petit lac », sur un fond de 70^{m}, et le second dans le « grand lac » sur un fond de 305^{m}.

A. *Sur le fond de* 70^{m}, le plankton habite abondamment, pendant toute l'année, l'épaisseur entière de l'eau. Sa quantité totale atteint le maximum en mai-juin, le minimum en décembre-janvier. Sa qualité, comparée sur les produits de pêches étagées de 10^{m} en 10^{m}, présente, surtout pendant l'été, une très grande irrégularité. Néanmoins, on peut constamment lu reconnaître la stratification suivante :

1. Une *zone profonde* s'étendant entre le fond et 50^{m}-40^{m}, et dans laquelle prédominent les Copépodes (*Cyclops* et *Diaptomus*).

2. Une *zone intermédiaire*, comprise entre 50^{m}-40^{m} et 30^{m}-20^{m}, avec prédominance des Cladocères (à l'exception de *Scapholoberis*, toujours superficiel).

3. Une *zone superficielle*, comprise entre 20^{m} et la surface, dans laquelle dominent les Rotateurs et les Flagellés.

B. *Sur le fond de* 305^{m}, le plankton habite également pendant toute l'année en ce sens qu'il n'est jamais complètement absent. Mais, tandis qu'il est condensé jusqu'à 150^{m} au point de pouvoir être régulièrement dosé, il devient si rare au-dessous de 150^{m} qu'il est impossible d'apprécier son volume par la méthode adoptée; le filet ne revient pas absolument vide, mais son contenu est représenté seulement par quelques unités dont le nombre ne varie de façon régulière qu'au voisinage du fond. L'examen des pêches étagées de 50^{m} en 50^{m} (à l'exception de celles voisines du fond), laisse reconnaître les zones suivantes :

1. *Zone voisine du fond*, de 305^{m} à 290^{m}, contenant peu de plankton, moins pauvre cependant en nombre d'individus que les zones qui lui sont immédiatement superposées. On en ramène des pontes de Mollusques, puis rarement *Bythotrephes longimanus* et *Sida limnetica;* fréquemment *Cyclops strenuus*, var. *abyssorum* qui paraît être son principal habitant.

2. *Zone abyssale*, de 300^{m} à 250^{m}. Cette zone est peuplée pendant l'hiver à peu exclusivement par des Copépodes, d'ailleurs en petit nombre, appartenant aux

([1]) ÉMILE YUNG, *Des variations quantitatives du plankton dans le lac Léman* (*Comptes rendus*, 1er mai 1899 et 2 juin 1912).

espèces suivantes : *Cyclops strenuus* et sa variété *abyssorum*, *C. leuckarti*; *Diaptomus laciniatus* et *D. gracilis*.

3. *Zone intermédiaire*, de 250^m à 150^m. La zone la plus pauvre, surtout dans sa portion moyenne. De rares exemplaires de Copépodes et de Cladocères qu'on y rencontre peuvent être considérés comme des individus de passage.

4. *Zone des Copépodes*, de 150^m à 100^m. Ici les Copépodes abondent plus ou moins suivant les saisons et prédominent toujours par leur nombre sur les Cladocères, à l'exception de la *Sida limnetica* dont cette zone devient en automne l'habitat préféré.

5. *Zone des Cladocères*, de 100^m à 50^m. Zone caractérisée par la prédominance des grands Cladocères (*Sida limnetica*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora hyalina*) auxquels sont mêlés en nombre variable, suivant les saisons, *Bosmina Coregoni* et *Daphnia hyalina*.

6. *Zone des Rotateurs*, de 50^m à 0^m, caractérisée par l'abondance des Rotateurs, des Flagellés et, dans ses couches supérieures, des organismes végétaux. Les Copépodes et les Cladocères, toujours présents dans les niveaux inférieurs de cette couche qui, en somme, est la plus peuplée par le plankton, y sont exposés à de très grandes variations de nombre.

Aucune des zones qui viennent d'être énumérées n'est strictement délimitée.

ZOOLOGIE. — *L'Anchois* (Engraulis eucrassicholus *L.*) *sur la côte occidentale d'Afrique*. Note de **A. Gruvel**, présentée par M. Ed. Perrier.

Au moment où l'industrie sardinière traverse, encore, une crise si aiguë qu'il semble démontré qu'usiniers et pêcheurs ne finiront par s'entendre que le jour où le marché mondial des conserves, autrefois si prospère sur nos côtes bretonnes, sera passé, tout entier, entre les mains des Norvégiens, des Espagnols et des Portugais, il est peut-être utile d'attirer, une fois de plus, l'attention des intéressés sur les énormes ressources que renferment, à ce point de vue spécial, les côtes de notre Afrique occidentale française.

J'ai, depuis longtemps déjà, signalé la présence, aussi bien sur les côtes de Mauritanie que sur celles du Sénégal, de formes pélagiques identiques à celles de nos côtes et s'y rencontrant en très grande abondance.

Ce sont, parmi les Scombridés : la Thonine, la Sarde et, plus spécialement : la Bonite et le Germon ou *Thon blanc*, susceptibles, comme ceux de nos côtes de Bretagne, de fournir d'excellentes conserves. Parmi les Clupéidés : la Sardinelle, l'Alose eba et la Sardine sénégalienne, dont les tailles moyennes pourraient donner des produits industriels supérieurs à

ceux des Norvégiens et au moins égaux à ceux fabriqués par les Espagnols et les Portugais.

Mais il est une autre Classe, dont on a à peine parlé jusqu'ici, et sur laquelle je puis fournir quelques indications précises, c'est l'Anchois (*Engraulis eucrassicholus* L.).

Cette très intéressante espèce, identique à celle de nos côtes méditerranéennes et océaniques, a déjà été observée aux Canaries, mais j'ai été le premier à en signaler la présence sur les côtes de Mauritanie, du Sénégal et même de notre Guinée française où elle devient, cependant, plus rare qu'un peu plus au Nord.

Dans les nombreuses pêches pélagiques effectuées sur les côtes du Sénégal et particulièrement dans la grande baie de Dakar-Rufisque, j'ai pu recueillir, à partir du mois de mars, à la fois des œufs pélagiques et des formes très jeunes d'Anchois, les unes ayant encore leur vésicule vitelline, les autres l'ayant déjà résorbée, au milieu d'un phytoplankton extrêmement abondant formé, surtout, de diatomées vertes (*stephanopyxis turris*, Grèv.)

La ponte s'effectue près des côtes, dans les baies plus ou moins fermées, de mars à juin-juillet, peut-être même un peu plus tard. Sous l'influence d'une température assez élevée, le développement est très rapide, le vitellus vite résorbé et les larves commencent dès lors à se bourrer de diatomées vertes, ainsi que le montre l'étude du contenu stomacal.

Quand les alevins ont atteint 20^{mm} à 30^{mm}, ce sont, surtout, les petits copépodes pélagiques (*Paracartia et Calanus*) qui constituent le fond de leur nourriture.

Grâce à l'abondance de cette nourriture appropriée, la croissance des larves est très accélérée, de sorte que, dès le mois de mai, on peut trouver, dans les mêmes eaux : des œufs, des larves venant d'éclore, des alevins de 30^{mm} à 40^{mm} de long et des formes adultes de 100^{mm} à 120^{mm}.

Ces dernières se rencontrent sur la côte pendant toute l'année, mais y sont infiniment plus abondantes de mars-avril à juillet-août. Elles doivent ensuite, en grande partie, gagner le large tout en restant pélagiques, car les chaluts n'en ramènent jamais.

Comme Fage pour l'Anchois de la Méditerranée, je crois, d'après mes observations, qu'au Sénégal, cette espèce évolue entièrement, dans un rayon relativement restreint.

Les formes adultes arrivent à la côte, vraisemblablement pour frayer, dès les mois de mars-avril, en bancs tellement compacts que les femmes et les enfants indigènes les capturent en abondance avec leurs pagnes ou de simples calebasses.

A l'aide de sennes tournantes et de filets coulissants, on pourrait, alors, en prendre de grandes quantités, de même que des différentes espèces de Sardines signalées plus haut.

Il y a donc à ce point de vue, sur la côte occidentale d'Afrique, d'immenses richesses complètement inexploitées.

Il est malheureusement probable qu'elles le resteront encore longtemps, car nos industriels français laisseront, comme ils le font en ce moment, pour les grands Cétacés des côtes du Gabon, les étrangers les devancer dans la voie des réalisations industrielles.

ZOOLOGIE. — *Sur l'incubation chez certains Alcyonaires de l'Antarctique.* Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. Ed. Perrier.

Les Alcyonaires vivent en colonies arborescentes dont les ramifications sont le plus souvent orientées dans toutes les directions autour de l'axe principal, parfois aussi toutes disposées dans un même plan. Les polypes insérés sur les branches, tantôt isolément, tantôt en groupes verticillés, sont revêtus d'une solide armature d'écailles calcaires imbriquées et, chez beaucoup d'espèces, protégés en outre par un opercule qui peut obturer complètement le calice constitué par les écailles.

J. Versluys (1906) a constaté, chez la *Plumarella delicatissima* Wright et Studer, que la paroi adaxiale ou interne de certains polypes est épaissie fortement, de même que celle de la branche qui lui fait face. Il se constitue entre elles une cavité tapissée de tissus vivants où le naturaliste hollandais a trouvé des œufs; c'est le seul cas d'incubation qui ait été signalé chez les Gorgonidés. L'étude des Alcyonaires rapportés de l'Antarctique par le *Pourquoi-Pas?* m'a permis de constater d'autres faits de même ordre, mais d'un tout autre caractère.

Chez la *Mopsea gracilis* Gravier, outre les polypes pourvus de leur couronne de tentacules et qu'on peut qualifier de *normaux*, on distingue, çà et là, d'autres polypes clos, en forme de dôme, sans tentacules apparents et dans lesquels on voit, par transparence, un œuf très volumineux qui remplit presque entièrement la cavité correspondante. D'ailleurs, à la base de certains polypes normaux, on aperçoit un œuf unique, de taille moindre que ceux des polypes en dôme, qui sont à considérer comme incubateurs.

Il y a donc ici un dimorphisme ([1]) très net qui paraît être réalisé chez d'autres Isidæ, de la même tribu des Mopseinæ. Ainsi, Nutting (1910) mentionne que, chez deux espèces du genre *Peltastisis* Nutting, il y a, dans le cœnenchyme des branches, comme dans celui de l'axe de la colonie, des renflements alternant régulièrement avec les polypes et contenant des œufs. Il est à présumer que ces saillies ovigères ne sont autre chose que des polypes incubateurs.

Un autre cas un peu différent est offert par la *Mopsea elongata* Roule. Certaines branches de la colonie présentent des inégalités de diamètre qui leur donnent un aspect noueux; dans les parties renflées, où le cœnenchyme est aussi mince que dans les parties étroites, on trouve toujours un (rarement deux) œuf volumineux correspondant à chaque polype ou des larves à divers stades. Ces œufs, libres de toute adhérence, ordinairement sphériques, ont jusqu'à $0^{mm},65$ de diamètre; quelques-uns ont une forme allongée adaptée à celle de l'espace où ils sont logés. Ce diamètre est énorme par rapport aux dimensions des polypes qui, aussi larges que hauts, ne s'élèvent guère au-dessus de la surface du cœnenchyme à plus de $0^{mm},5$; aucun d'eux ne peut contenir l'œuf auquel il a donné naissance.

Tout différent des deux autres est le mode d'incubation de la *Rhopalonella pendulina* Roule (de la première expédition antarctique française). Un grand nombre de branches de cette espèce présentent des renflements généralement situés à la partie basilaire, ce qui leur donne la forme de massue (d'où le nom générique, *Rhopalonella*, de ῥόπαλον, massue). La partie élargie est d'une teinte jaune, tandis que la région distale est incolore. Si l'on enlève le cœnenchyme dans ces régions renflées, on voit, de chaque côté de l'axe de la colonie, à la base des polypes, des corps ovoïdes, dont la couleur jaune orangé très vif est visible par transparence à travers les tissus vivants et les spicules qui les recouvrent. Ces corps ont jusqu'à 1^{mm} de grand axe et $0^{mm},75$ de petit axe (les plus grands des polypes ont à peine $1^{mm},5$ de hauteur et $0^{mm},6$ de diamètre); ils se montrent tous composés de deux parties de volume très inégal. A la surface, en un point dont la position n'a rien de constant, on voit, dans une dépression en forme de cuvette, une masse blanche, légèrement saillante, enveloppée d'une membrane à

([1]) Un dimorphisme d'un tout autre ordre existe chez certaines espèces de *Chrysogorgia*, où, à côté des polypes normaux, il existe d'autres polypes plus petits, généralement astomes, dont la région apicale est abondamment pourvue de nématocystes et aussi, exceptionnellement, des polypes géants remplis de parasites, Annélides ou Crustacés.

travers laquelle on discerne un corps sphérique opaque ayant jusqu'à $0^{mm},1$ de diamètre. Cette cellule est simplement posée dans la cuvette, à laquelle elle ne tient que très faiblement, car, lorsqu'on cherche à enlever le tout de la cavité correspondante, très fréquemment, elle se détache de son support et reste adhérente à la paroi qui la recouvrait. Si l'on fait une coupe intéressant à la fois la cellule superficielle et la masse jaune qui la supporte, on constate que le noyau est constitué par une substance finement granuleuse, homogène. Quant à la masse jaune entourée par une membrane assez épaisse, elle se montre entièrement remplie de sphérules réfringentes.

L'ensemble est donc constitué par l'ovule accompagné d'une masse considérable de vitellus qui sert vraisemblablement à alimenter les premiers phénomènes de développement. Il s'agit donc d'un phénomène d'incubation qui offre cette particularité, sans exemple jusqu'ici chez les Alcyonaires, que l'œuf est pourvu d'une masse énorme de réserve extérieure à lui, de vitellus nutritif comparable au jaune de l'œuf d'oiseau. Il serait intéressant de suivre le mode de formation de cette réserve et aussi la marche du développement aux dépens de celle-ci. Mais les matériaux recueillis, qu'il fallait conserver aussi intacts que possible, et qui n'ont pas été préparés en vue d'études histologiques, ne m'ont pas permis d'aller plus loin.

Il est à remarquer que dans les régions élargies où se développent les cellules sexuelles femelles, les polypes ont la même armature de spicules que les polypes normaux, mais, au lieu de s'évaser vers le haut et d'avoir leurs écailles marginales saillantes, ils sont fermés à la partie supérieure en forme de dôme, les écailles marginales rabattues les unes sur les autres ; ils ont, en un mot, l'attitude des polypes incubateurs ([1]).

Les faits mentionnés ci-dessus viennent s'ajouter à ceux du même ordre qui ont été signalés dans les groupes les plus divers d'animaux vivant dans l'Antarctique, particulièrement chez les Actinies, chez les Échinodermes et chez les Annélides polychètes. Si l'on remarque que ces phénomènes d'incubation sont surtout fréquents dans l'Antarctique, qu'on les retrouve chez d'autres animaux des mêmes groupes de l'Arctique, on est fort tenté de les rattacher à des conditions de milieu et surtout de température, puisqu'ils sont presque entièrement localisés dans les eaux froides. Quoi qu'il en soit,

([1]) Autant que j'ai pu en juger par l'examen approfondi des types délabrés de la *Thouarella antarctica* (Val.) rapportés par le capitaine Dupetit-Thouars (Expédition de la *Vénus* 1836-1839), un phénomène d'incubation analogue à celui de la *Rhopalonella* paraît se produire chez cette espèce qui, comme la *Rhopalonella*, appartient à la famille des *Primnoidæ*.

l'incubation, avec ses modalités si diverses et si curieuses, qui ne s'exerce, en général, qu'au profit d'un nombre très limité d'œufs relativement volumineux, contribue singulièrement à la protection des jeunes.

MICROBIOLOGIE. — *De l'influence de l'agitation des bouillons de culture sur le développement du* Bacillus anthracis *et de quelques autres microbes*. Note de M. **Adrien Lucet**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une Note antérieure ([1]), j'ai montré que l'*agitation lente et continue* des cultures en bouillon du *Bacillus anthracis* en augmente considérablement la richesse en corps microbiens. J'ai dit aussi que, dans de pareils milieux où il conserve sa virulence, ce bacille cultive en courts bâtonnets, sporule peu, devient granuleux et se colore mal pendant que le substratum lui-même perd sa fluidité, prend un aspect chyleux et tarde à se clarifier sous l'action du repos.

Mes expériences ayant été effectuées avec un bacille depuis longtemps entretenu au laboratoire, j'ai cherché à voir si un type différent donnerait les mêmes résultats.

Le 10 juin 1912, avec un bacille de deuxième passage sur gélose et provenant d'un mouton mort de charbon spontané, j'ensemence un bouillon de veau réparti en égale quantité, à 37°, dans : A, une carafe de Borrel placée dans mon appareil rotatif; R, un ballon laissé au repos.

Le 15, les cultures sont arrêtées, vivement secouées pour en répartir uniformément les bactéridies qu'elles contiennent et chacune d'elles est partagée en deux parts : l'une (10^{cm^3}) est centrifugée; l'autre (50^{cm^3}) est abandonnée à elle-même dans un long tube de 10^{mm} de diamètre.

Or, à une même vitesse de centrifugation, R précipite ses éléments solides en une demi-heure et donne un culot ayant à peine $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, tandis que A exige 2 heures pour abandonner les siens dont le volume atteint près de $\frac{8}{10}$ de centimètre cube.

D'autre part, sous la seule action du repos, R dépose et s'éclaircit en quelques heures, alors que A demande 5 jours pour clarifier la moitié supérieure seulement de sa colonne liquide.

Enfin, le 17 juin, soit après 48 heures d'abandon à elle-même, la culture A tue en 3 jours, avec $\frac{3}{10}$ de centimètre cube *prélevés dans la couche supérieure*, déjà sensiblement clarifiée, du long tube où elle a été placée et inoculés sous la peau, un vigoureux lapin de $3^{kg},200$ pendant qu'un témoin de $2^{kg},670$, inoculé de même et à dose égale avec la culture R, succombe dans le même temps.

([1]) *Comptes rendus*, 29 mars 1911.

Ces nouvelles recherches confirment donc la réalité de l'action favorisante que possède l'*agitation lente et continue* des bouillons où le *Bacillus anthracis* est ensemencé sur le développement de ses cultures. Quant au peu de tendance à précipiter de celle-ci, elle semble résulter moins de leur richesse en éléments microbiens que des modifications apportées par cette agitation et à ces éléments qui, quoique toujours virulents, paraissent avoir une moindre densité et à leur substratum dont la plus grande viscosité provient, sans doute, de quelque produit bacillaire ainsi mis en liberté.

Un autre fait en augmente encore l'intérêt : c'est que cette action si spéciale de l'agitation des bouillons nutritifs sur le développement du *Bacillus anthracis* ne lui est pas particulier. Elle se fait également sentir, de façon aussi nette, sur d'autres microbes non aérobies, *mais encore anaérobies*, tels que ceux du *choléra*, de la *fièvre typhoïde*, de la *diphtérie*, du *pus bleu*, de la *morve*, de la *dysenterie*, du *tétanos*, de la *pseudo-tuberculose du lapin*, du *charbon symptomatique* et de l'*érysipèle*.

Il résulte effectivement des recherches que j'ai effectuées à cet égard, de novembre 1912 à juillet 1913, que le rapport entre le volume des corps microbiens fournis, après centrifugation, par les cultures agitées de ces bactéries et celui donné, toutes autres conditions étant égales, par les cultures ordinaires est de :

2 pour 1, pour le *choléra*, le *charbon symptomatique*, la *dysenterie* et l'*érysipèle;*

3 pour 1, pour la *morve*, le *tétanos*, la *fièvre typhoïde* et la *pseudo-tuberculose du lapin;*

4 pour 1, pour le *bacille pyocyanique;*

5 pour 1, pour la *diphtérie.*

De même encore, les cultures agitées de ces microbes offrent des caractères semblables à ceux que possèdent celles du *Bacillus anthracis:* éléments microbiens granuleux se colorant mal, précipitant lentement, etc.

Et maintenant puisque, contrairement à ce qu'on aurait pu croire *a priori*, cette *agitation lente et continue* des cultures liquides se fait sentir tout autant sur les microbes anaérobies que sur ceux dont le développement exige la présence de l'oxygène, et par conséquent exclut, pour l'expliquer, l'influence d'une meilleure aération des milieux ainsi traités, ce que déjà, du reste, mes premières recherches avaient mis en évidence; à quoi est due cette action favorable du mouvement? Il est, dès à présent, difficile de le dire. Toutefois, on peut supposer qu'elle reconnaît une utili-

sation plus parfaite des milieux nutritifs par les bactéries qui y végètent par suite, soit d'un contact sans cesse renouvelé entre elles et les matières nutritives qu'elles utilisent, soit d'une répartition différente des produits toxiques qu'elles sécrètent et qui, au lieu de s'accumuler autour d'elles, de diffuser lentement et d'annihiler leur faculté d'assimilation, sont alors, au fur et à mesure de leur production, plus intimement mélangés à la masse.

Quoi qu'il en soit, il résulte de ces recherches que le mouvement exerce une action biologique favorable aussi bien sur les microbes que sur les êtres plus complexes et que cette action est susceptible d'être utilisée en bactériologie, au moins quand il s'agit d'obtenir des récoltes plus abondantes de corps microbiens.

Des recherches ultérieures diront si cette action est également favorable à la production des toxines.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Zinc et « Sterigmatocystis nigra »*. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En 1903, j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie une Note de laquelle il résultait que, contrairement à ce qu'avait dit Raulin en 1870, le zinc n'était d'aucune utilité pour le *Sterigmatocystis nigra*. Depuis, M. Javillier a publié un très beau travail (1908), duquel il semblait résulter que mes expériences étaient inexactes quant à leurs conclusions, le zinc, d'après ses résultats, favorisant le développement du *Sterigmatocystis*. M. Javillier émettait l'hypothèse que, dans mes cultures, j'introduisais inconsciemment du zinc, soit par les produits chimiques employés, soit par le verre lui-même. Récemment (3 novembre 1913), M. Charles Lepierre est arrivé à des conclusions identiques aux miennes sur l'inutilité relative du zinc : il opérait avec des fioles renfermant *une épaisseur très notable* de liquide de culture, tandis que, dans les expériences de M. Javillier, il n'y avait qu'une *hauteur faible* de liquide par rapport au volume du bain de culture : là, d'après M. Lepierre, réside la différence des résultats obtenus par M. Javillier et par lui.

J'ai, depuis, repris cette question et, faisant les mêmes calculs que M. Lepierre, je suis arrivé à cette conclusion que, dans mes ballons de culture, le rapport du volume du liquide employé à la demi-somme des bases de ce même liquide était égal à 4,4. Le fait était à noter, bien qu'au-

trefois il n'ait pas attiré mon attention, car ce même rapport $\frac{V}{S}$, dans les recherches de M. Lepierre, s'est montré le plus favorable pour le rendement entre 3,2 et 5,3 (¹) : les résultats (²) de M. Lepierre et les miens se confirment donc réciproquement, sans qu'il soit besoin d'évoquer la présence d'impuretés zinciques, d'ailleurs hypothétiques, dans mes cultures.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action catalytique du fer dans le développement de l'orge.* Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente (³), j'ai montré que l'orge peut se développer et mûrir dans une solution saline convenable et à l'abri des micro-organismes. J'ai montré en outre que la suppression du fer dans une telle solution entraîne avec elle un ralentissement considérable dans le développement de cette céréale; enfin, j'ai mis en relief l'action spécifique du fer.

Les expériences dont je rends compte aujourd'hui se rapportent surtout au rôle important que le fer peut jouer comme catalyseur au cours du développement de l'orge.

Les plantules ont été soumises à l'action des solutions salines du 14 août au 1er octobre. Il était à prévoir que la croissance de l'orge serait moins active pendant cette période que pendant la période précédente (du 30 mai au 16 juillet) où, les journées étant plus longues, l'action solaire pouvait s'exercer plus longtemps; en effet, les poids moyens trouvés sont inférieurs aux précédents.

J'ai divisé ces nouvelles expériences en deux séries. La série I comprend les plantes les plus vigoureuses, c'est-à-dire celles qui sont arrivées les premières à un état assez avancé pour pouvoir être placées dans des solutions nutritives.

La série II comprend les sujets plus chétifs qui ont été en retard de 3 à 4 jours sur les premiers.

Malheureusement, ces expériences n'ont pas été aussi complètes que je l'aurais désiré; en effet, malgré toutes les précautions que j'avais prises, certaines de mes plantes ont été envahies par des moisissures, de sorte

(¹) Dans les expériences de M. Javillier, le rapport était seulement d'environ 1,5.
(²) Toutes réserves faites pour les conclusions qu'on peut en tirer.
(³) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1022.

qu'il y a de nombreuses lacunes dans mes séries. J'ai pu néanmoins me rendre compte que les doses progressives de fer ajouté, quoique très petites, étaient encore beaucoup trop fortes pour permettre d'apprécier, par le poids des plantes, des différences proportionnelles aux quantités de fer de chaque milieu. D'autre part, chaque sujet possède des qualités et une vigueur individuelles qui le rendent plus ou moins sensible à l'action du métal.

Les deux Tableaux ci-dessous montrent que le fer à l'état de traces favorise le développement de l'orge d'une façon extraordinaire.

Dans chacune des deux séries, j'ai choisi à dessein, comme témoins sans fer, les plantes qui présentaient l'aspect le plus vigoureux.

Tableau I.

Volume du liquide.	Milieu nutritif.	Poids de plante.	Poids du fer absorbé par la plante.
cm³		mg	mg mg
500	Sans fer	120	0,10 à 0,15
500	Sans fer	120	0,10 à 0,15
500	1mg Fe (à l'état de citrate)	340	0,10 à 0,15
500	2mg Fe (à l'état de citrate)	330	0,10 à 0,15
500	2mg Fe (à l'état de ferrocyanure)	755	0,25

Tableau II.

Volume du liquide.	Milieu nutritif.	Poids de plante.	Poids du fer absorbé par la plante.
cm³		mg	mg mg
500	Sans fer	50	0,05 à 0,1
500	Sans fer	45	0,05 à 0,1
500	Sans fer	65	0,05 à 0,1
500 { Pl. tr. chétive }	3mg Fe (à l'état de ferrocyanure)	200	0,05 à 0,1
500	3mg Fe (à l'état de citrate)	500	0,15 à 0,20

L'addition de ferrocyanure de fer au liquide nutritif donne lieu pendant la stérilisation à la formation d'un précipité bleu ou bleu verdâtre. Il est facile de constater que la majeure partie de ce composé insoluble est encore intacte à la fin de l'expérience. En outre, le poids du fer trouvé dans les plantes indique que le métal absorbé par le végétal ne représente qu'une petite fraction du fer qui a été mis à la disposition de la plante.

Ce fait est d'autant plus significatif que les plantes poussées sur les milieux nutritifs non additionnés de fer renferment de 0mg,05 à 0mg,1 de fer. Or, le poids de fer contenu dans un grain d'orge étant, d'après mes évalua-

tions, de $0^{mg},004$ environ, on doit admettre que le fer trouvé dans les plantes poussées sur milieu nutritif, non additionné de fer, tire son origine soit d'une purification insuffisante des sels employés (quoique pratiquement on ne puisse la pousser plus loin), soit du vase [1] ayant servi à la stérilisation. On est conduit à penser que, si le fer faisait totalement défaut, l'orge ne se développerait pas du tout.

Quoi qu'il en soit, le rôle du fer comme agent catalyseur apparaît ici d'une façon saisissante; en effet, le métal peut agir sur la plante à des doses si petites qu'elles ne peuvent être appréciées avec certitude par l'analyse chimique la plus minutieuse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'acide pyruvique, produit de la vie de la levure.* Note de MM. **A. Fernbach** et **M. Schoen**, présentée par M. L. Maquenne.

La production d'acides au cours de la fermentation alcoolique, que l'un de nous a étudiée antérieurement (*Comptes rendus*, t. 156, p. 77), peut être envisagée comme un phénomène normal de la vie de la levure, limité, pour une espèce donnée, par sa résistance à l'acidité du milieu et les moyens dont elle dispose pour se défendre contre cette influence nuisible. Cette conception ne fait qu'étendre à la levure ce qu'on sait depuis longtemps pour d'autres organismes, qui ne manifestent pleinement leur faculté de produire des acides que si l'on maintient constamment neutre leur milieu de culture; exemple les nombreux ferments lactiques et butyriques étudiés depuis Pasteur.

L'expérience justifie l'exactitude de notre manière de voir. En produisant des fermentations par la levure, *en présence de craie*, il y a, en effet, une augmentation considérable des acides obtenus, lesquels se trouvent immobilisés à l'état de sels de calcium. C'est ainsi qu'avec une levure de Champagne, vivant dans un milieu minéral sucré, additionné de craie et de $1^{g},5$ de peptone par litre, la quantité totale de sels de calcium précipitables par l'alcool, c'est-à-dire exempts d'acétate formé en quantité notable, s'est élevée à 5,5 pour 100 du poids du sucre consommé; et ce chiffre peut être dépassé de beaucoup, car, avec la *mycolevure* de Duclaux, nous avons obtenu un rendement en sels de calcium de près de 25 pour 100 du poids

(1) L'analyse des bocaux en verre m'a en effet révélé la présence de 18^{mg} de fer pour 100^{g} de matière.

du sucre. La quantité de chaux dissoute, trouvée à la fin de la fermentation, croît proportionnellement à la concentration du milieu en sucre.

Afin d'étudier les acides produits, nous avons précipité par l'alcool absolu le liquide de culture concentré dans le vide. On obtient ainsi une poudre blanche ou grisâtre, dont la solution concentrée, décomposée par l'acide sulfurique et épuisée par l'éther, fournit finalement un sirop qui laisse bientôt déposer des cristaux d'acide succinique.

La solution des acides concentrés fournit à froid, avec la soude et l'iode, un abondant précipité d'iodoforme. Oxydée par le permanganate ou le mélange chromique, elle donne de l'*aldéhyde et de l'acide acétiques*, avec dégagement de CO^2. Elle réduit le nitrate d'argent ammoniacal, et instantanément le réactif de Nessler à l'état métallique. Le nitroprussiate de soude, en présence de potasse, donne une coloration rouge cerise et, en présence d'ammoniaque, une coloration vert bleuâtre que l'acide acétique accentue.

L'ensemble de ces réactions indique la présence d'un acide cétonique, ayant les caractères de l'*acide pyruvique*. En effet, par distillation du sirop dans le vide, on recueille entre 70° et 90° ($P = 20^{mm}$) un liquide huileux qui, outre les réactions ci-dessus, fournit *instantanément à froid* avec la phénylhydrazine une hydrazone bien cristallisée, fusible à 186°-188°, dont la solution sulfurique jaune vire au rouge pourpre par le bichromate de potassium. Cette hydrazone se dissout dans la soude avec une coloration rougeâtre qui résiste à l'ébullition ([2]).

Nous n'avons pu obtenir cette hydrazone à l'état cristallisé avec le sirop primitif. Mais celui-ci, traité par la *p*-nitrophénylhydrazine en solution chlorhydrique, fournit instantanément un précipité cristallin jaune, fondant à 219°-220°, soluble dans l'eau bouillante, et donnant avec la soude alcoolique une coloration rouge écarlate ([1]).

Bien que nous n'ayons pas pu jusqu'ici séparer à l'état pur notre acide pyruvique des nombreux corps qui l'accompagnent, ce qui précède suffit pour démontrer nettement sa présence parmi les produits de la vie de la levure. L'importance de ce fait apparaît clairement si l'on songe que l'aldéhyde et l'alcool correspondants ont été obtenus en partant du sucre, soit par dégradation biochimique, soit par voie purement chimique ([3]) et que, d'autre part, l'acide pyruvique peut fournir facilement de l'acide

---

([1]) K.-A.-H. Mœrner, *Zeit. physiol. Chem.*, t. XLII, p. 121. — Beilstein, *Dict.*, t. IV (Suppl.), p. 451.

([2]) E. Hyde, *Berichte*, t. XXXII, p. 1810.

([3]) A. Fernbach, *Comptes rendus*, t. 151, p. 1004. — Pinkus, *Berichte*, t. XXXI, p. 31. — Emmerling et Loges, *Ibid.*, t. XIV, p. 1005, et t. XVI, p. 837.

lactique par réduction. En outre, nombre de travaux récents, en montrant la possibilité de scinder par voie biochimique l'acide pyruvique en aldéhyde acétique et anhydride carbonique ([1]), ont conduit à considérer cet acide comme un produit intermédiaire probable de la fermentation alcoolique. Cette probabilité deviendrait une certitude s'il était démontré que l'acide pyruvique provient directement du sucre et non, par une voie détournée, des produits de dégradation de la matière albuminoïde, notamment de l'alanine, comme l'ont fait entrevoir divers auteurs ([2]). C'est là une question que nous ne pouvons pas encore trancher dans l'état actuel de nos recherches.

GÉOLOGIE. — *Les nappes du versant méridional de la Sainte-Baume.* Note de M. **Émile Haug**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une précédente Note ([3]) j'ai établi l'existence, dans les montagnes de Garéoult et de Méounes (Var), de trois séries superposées, séparées par des surfaces de charriage : série inférieure, constituée par des dépôts crétacés en repos normal et vraisemblablement en place; série moyenne, formée de Trias fortement redressé et quelquefois renversé, charriée sur la précédente; série supérieure, où le Jurassique, généralement en succession normale, présente à la base une surface d'étirement, en raison de quoi elle peut être envisagée comme une nappe indépendante. J'ai étendu cette année mes recherches dans la direction de l'Ouest et je me suis attaché à retrouver, sur le bord méridional de la chaîne de la Sainte-Baume, les trois séries de la région de Méounes ([4]).

([1]) Neubauer et Fromherz, *Zeit. physiol. Chem.*, t. LXX, p. 326. — C. Neuberg et ses collaborateurs, *Biochem. Zeitschr.*, 1911, 1912 et 1913, *passim.* — A. Harden, *Biochem. Journal*, t. VII, p. 214.

([2]) Neubauer et Fromherz, *loc. cit.*

([3]) *Sur la fenêtre de Méounes et de Garéoult* (*Var*) (*Comptes rendus*, t. 153, p. 1186).

([4]) Je me suis trouvé dans la situation heureuse de pouvoir, dès le mois d'avril, utiliser pour mes levés une épreuve de la feuille d'Aubagne de la nouvelle Carte de France au $\frac{1}{50000}$, que j'ai fait agrandir par la photographie au $\frac{1}{25000}$. J'ai même eu, pour les environs de Signes, à ma disposition, des levés originaux au $\frac{1}{10000}$, correspondant à la feuille de Cuers, que le Service géographique de l'Armée a bien voulu communiquer au Service de la Carte géologique. Ma tâche m'a, en outre, été grandemen facilitée par le concours que m'a prêté M. Lanquine en m'accompagnant dans plusieurs de mes courses dans le massif de la Sainte-Baume. Sa parfaite connaissance des faciès du Jurassique m'a été particulièrement utile.

Le vallon du Raby, au nord-ouest de Signes, a profondément entamé les trois séries superposées; il forme une sorte de chenal, creusé par l'érosion dans la nappe supérieure, et met en communication la fenêtre de Signes avec le défilé de Latail, décrit par Marcel Bertrand. Sous une grande dalle de dolomies kimeridgiennes inclinée au Sud, qui constitue ici la nappe supérieure, apparaît le Trias de la nappe moyenne, en couches fortement redressées et déversées sur le Crétacé supérieur lacustre de la série inférieure autochtone. Ce Crétacé ne s'étend pas, au nord de Signes, au delà de l'usine à plâtre; mais la nappe triasique se complète par l'apparition de couches liasiques en lames imbriquées, sur la tranche desquelles les Dolomies reposent en discordance mécanique. Au nord du col qui mène à la ferme de Taillane, toutefois, les contacts anormaux disparaissent et l'on observe, sur les flancs du Mourré d'Agnis, une succession normale et continue, allant du Trias au Bathonien supérieur. La nappe moyenne et la nappe supérieure se confondent ici en une nappe unique, dont le front actuel passe sur le versant septentrional de la Sainte-Baume et s'appuie sur la série renversée de la chaîne, puis sur la série autochtone (socle de la Sainte-Baume).

Sur la rive droite du Raby, les dolomies de la nappe supérieure ne dépassent pas au Nord la ferme de Latail. Elles reposent directement sur l'Hettangien de la nappe moyenne, en laissant apparaître toutefois le noyau anticlinal bathonien d'un beau pli couché. Plus au Nord, au sommet de Pédimbert, un chapeau de Bathonien marneux, superposé au Trias et à l'Hettangien de la nappe moyenne, peut être assimilé à un lambeau de poussée.

La nappe moyenne et la nappe supérieure se retrouvent aux environs de Cuges, mais ici elles reposent, non plus sur une série crétacée normale (Urgonien, Sénonien), comme à Signes, mais sur la série renversée de la Sainte-Baume (Aptien, Urgonien, Hauterivien, Jurassique supérieur et moyen). Au nord de Riboux, les dolomies kimeridgiennes et les calcaires bathoniens de cette série renversée sont directement recouverts par le Trias, qui forme la base d'une nappe manifestement continue avec la série moyenne des environs de Signes. Vers l'Ouest, le Trias ne tarde pas à disparaître et c'est désormais par l'Hettangien que débute la série normale de cette nappe qui, entre Cuges et Riboux, comprend en outre tout le Jurassique jusqu'aux Dolomies inclusivement, sans aucune trace d'étirement ou de dédoublement. Immédiatement à l'Ouest, par contre, conformément d'ailleurs aux tracés de la feuille de Marseille, le Bathonien supérieur se décolle de son substratum naturel et vient se mettre, au Nord, successi-

vement en contact direct avec le Bajocien, avec le Lias supérieur et moyen et avec l'Hettangien. Ici apparaît donc une nouvelle nappe, qui comprend, en succession normale, le Bathonien, les dolomies et les calcaires blancs du Jurassique supérieur et, vers le col des Anges, l'Hauterivien et l'Urgonien. C'est exactement l'homologue de la nappe supérieure de la région de Signes. L'une et l'autre série sont en continuité avec le bord septentrional du bassin du Beausset.

Au nord-ouest de Cuges, la nappe supérieure débute par les dolomies kimeridgiennes, qui se trouvent ici en contact direct avec une mince lame d'Hettangien. Celle-ci représente à elle seule la nappe moyenne; mais, un peu au sud de la ligne de contact anormal qui sépare les deux nappes, on voit apparaître sous les dolomies, dans une petite fenêtre, non seulement l'Hettangien, mais encore le Lias moyen de cette nappe moyenne. Aux Gypières, le Trias supérieur forme un pointement anticlinal dans l'Hettangien, et la nappe supérieure se complète à la base par l'apparition des deux termes du Bathonien en lames discontinues. Plus à l'Ouest, les lignes d'affleurement des deux nappes supérieures décrivent des sinuosités très compliquées, que j'ai levées avec le plus grand soin. Elles atteignent ainsi le bord de la grande coupole d'Urgonien, qui correspond à l'ennoyage périclinal de la série renversée, ainsi que je l'ai établi précédemment. L'Hauterivien, les Calcaires blancs, les Dolomies et le Bathonien de cette série se terminent successivement en biseau vers le Sud-Ouest. La nappe moyenne est réduite à une lame d'Hettangien, épaisse de quelques mètres et fortement redressée, qui s'intercale entre les Dolomies de la série renversée et le Bathonien de la nappe supérieure. Bientôt l'Hettangien s'effile lui-même, de sorte que, sur le tiers inférieur du chemin conduisant de la source de Saint-Pons au col de Cuges, l'Urgonien de la série renversée et le Bathonien calcaire de la nappe supérieure se trouvent en contact direct.

Ainsi la nappe moyenne, si bien développée à Riboux, s'est étirée graduellement vers l'Ouest, entre la nappe à série renversée et la nappe supérieure. Elle n'existe plus dans le ravin de Saint-Pons, où pénètre par contre le Bathonien de la base de la nappe supérieure, visible sous l'Hettangien du pli de Roque-Forcade.

Il est dès lors impossible d'admettre avec M. Repelin que la masse de Roque-Forcade appartient à la même nappe que le « grand pli de Riboux », qui en constituerait la racine.

GÉOLOGIE. — *Relations des Sables des Landes avec les terrasses de la Garonne.* Note de M. **J. Blayac**, présentée par M. Pierre Termier.

Quand on examine les feuilles de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$ intéressant la vallée de la Garonne entre Toulouse et l'estuaire de la Gironde, on voit que, des trois terrasses aujourd'hui classiques qui s'étagent au-dessus de la basse plaine dans le cours moyen du fleuve, seule la terrasse inférieure, celle de 15^m, se poursuit régulièrement jusqu'aux environs de Pauillac. La terrasse moyenne, celle de 50^m de la région toulousaine, s'arrête net à la longitude de Beautiran. A la place et à l'altitude où elle devrait être sur les territoires des feuilles de la Teste et de Bordeaux, se trouve mentionnée la formation dite du *Sable des Landes* dont l'origine est encore très controversée. Cette formation comprendrait à la fois des sables, des graviers, des galets, des argiles. Elle constitue sur la rive gauche de la Garonne, entre Beautiran, Bordeaux et au delà, une plaine dominant la terrasse inférieure a^{1c} d'abord de 25^m à 30^m; son altitude va régulièrement en décroissant dans la direction du fleuve vers l'aval.

Il résulte de mes recherches en vue de l'établissement de la Carte géologique au $\frac{1}{320000}$:

1° Que la terrasse moyenne a^{1b} se développe remarquablement, sans solution de continuité, au delà de Beautiran et de Bordeaux, et qu'elle a été confondue avec la formation dite du Sable des Landes;

2° Que la terrasse supérieure (a^{1a} de la feuille de Toulouse, p de la feuille de Grignols) existe aussi sur toutes les hauteurs dépassant 80^m à 100^m entre Marmande et le bec d'Ambez, et qu'à tort elle a été assimilée aux sables des Landes sur les feuilles de La Réole et de Bordeaux.

La terrasse inférieure, dont les galets et les graviers, de nature variée, ne sont pas altérés, se développe sur la rive droite entre Marmande et La Réole, puis sur la rive gauche à partir de Beautiran.

Son âge est indiscuté, car, en maints endroits, des restes d'*Elephas primigenius* et de *Rhinoceros tichorinus* y ont été signalés. C'est elle qui, en amont de Toulouse, d'après les études de M. Boule, passe par un cône de transition fluvio-glaciaire à l'amphithéâtre morainique de Labroquère; elle date du Quaternaire moyen, exactement de la dernière époque glaciaire dans les Pyrénées.

La terrasse moyenne (a^{1b}, feuille de Toulouse; a^{1a}, feuille de Grignols et de La Réole), ou terrasse de 50^m, est parfaitement établie sans discontinuité notable de Toulouse jusqu'à Beautiran. M. Vasseur et moi en avons tracé naguère les limites sur la feuille de Grignols, entre Damazan et Marmande, et M. Repelin l'a indiquée sur la rive gauche jusqu'à Beautiran, mais recouverte au Sud par les Sables des Landes (*sensu lato*). Que devient cette terrasse plus au Nord? D'après les feuilles de La Teste et de Bordeaux, elle n'existerait plus ou serait totalement masquée par les Sables des Landes.

Mais en suivant la bordure de la plaine landaise qui domine la terrasse inférieure, on voit, à une altitude de 30^m à 45^m au-dessus du thalweg actuel, des graviers, des galets, parfois associés à une argile sableuse, en strates horizontales et d'une épaisseur totale de 15^m à 25^m. En surface, ces graviers qui ont bien, comme tous les graviers fluviatiles, des arêtes très apparentes, sont recouverts par place d'un manteau de sables fins des Landes formant parfois de petites dunes. Certains territoires du Médoc, tel celui compris entre Eysines et Bruges, sont par places dépourvus de sables et alors la surface de la terrasse, avec ses graviers de quartz rose, de granite et même de calcaire, est nettement à découvert.

En suivant les ruisseaux qui se jettent dans la Garonne entre Beautiran, Bordeaux et Blanquefort, j'ai remarqué que ces dépôts de graviers se maintiennent à la même altitude; ils affleurent sur les berges des rivières en lits horizontaux au-dessus des terrains tertiaires. Ces alluvions diminuent de calibre à mesure qu'on s'éloigne du fleuve et passent finalement à des sables quartzeux grossiers, puis à des argiles exploitées pour la poterie (Salaunes, Sainte-Hélène, etc.). Le passage latéral des graviers aux sables grossiers et aux argiles est particulièrement visible sur la route qui va de Saint-Médard à Sainte-Hélène. J'ai pu suivre ainsi les affleurements de cette terrasse moyenne depuis le ruisseau du Guâ-Mort, en face Beautiran, jusqu'au ruisseau de La Jalle et jusqu'à Pian, presque au droit du bec d'Ambez.

L'âge de ces dépôts alluvionnaires, a^{1b}, reste encore imprécis, car ici pas plus qu'ailleurs, aucun reste de Vertébrés n'y a été signalé; mais, par leur altitude régulièrement supérieure à celle de a^{1c}, ils sont notablement plus anciens que cette dernière; il est possible qu'elle soit du Quaternaire ancien, comme le croit M. Boule qui l'a étudiée en amont de Toulouse. Il est rationnel de préjuger que cette terrasse moyenne se poursuit jusqu'à l'embouchure de la Garonne, mais qu'en raison de son altitude décroissante elle doit être, sur la feuille de Lesparre, recouverte totalement par les sables éoliens des Landes.

Il n'est pas superflu de rappeler que, près de Soulac, la mer a mis à nu une mâchoire d'*Elephas meridionalis*, provenant d'une argile en place sous la dune de Gurp (d'après Benoist); cette argile appartiendrait au Sicilien. Il est donc fort probable que les deux terrasses a^{1c} et a^{1b} viennent finir en s'amincissant à l'embouche de la Gironde, dont le niveau de base n'aurait pas varié depuis le Sicilien.

Reste à savoir ce que devient, dans la basse vallée de la Garonne, la terrasse a^{1a} la plus ancienne (voir feuilles de Montauban, Agen, Grignols), néogène supérieur pour les uns, quaternaire ancien pour les autres. M. Vasseur et moi en avons clairement distingué des lambeaux importants en face

de Damazan et de Tonneins (f. de Grignols), où toutes les hauteurs, à partir de 90^m-100^m au-dessus de la plaine inondée, sont recouvertes d'un épais manteau de graviers de quartz et d'argiles à graviers. Ces alluvions, marquées *p* sur la feuille de Grignols, se relient à celles signalées sur les feuilles d'Agen et de Montauban (désignées par a^{1a}) et se raccordent avec celles indiquées par M. Boule sur le plateau de Lannemezan.

Plus à l'Est, ces mêmes graviers existent sans aucun doute possible; on peut les voir, surmontés des sables des Landes dont ils n'ont jamais été séparés (f. de la Réole), sur les hauteurs qui dominent la Garonne au Sud, entre Marmande et Langon. Leur altitude va régulièrement en décroissant vers l'aval.

Il est à présumer que sur les territoires des feuilles de La Teste et de Bordeaux, s'ils n'ont pas disparu par érosion, ils sont recouverts, eux ou leurs représentants, par les sables des Landes, qui s'élèvent en plaine jusqu'à 70^m et 80^m.

Sur la rive droite du fleuve, de Beautiran au bec d'Ambez, on est en droit d'attribuer à cette terrasse supérieure les graviers de l'Entre-Deux-Mers (*p*) que j'ai délimités sur la feuille de Libourne et qui dominent la Garonne de 60^m à 120^m, suivant la latitude. Ils ne sont point l'équivalent des sables des Landes, comme plusieurs auteurs l'admettent, car ils sont à la même altitude que ceux de la terrasse supérieure de la rive opposée, lesquels sont recouverts par lesdits sables et se relient de proche en proche aux graviers élevés du plateau de Lannemezan.

En résumé, les trois terrasses de la Garonne, qui ont été reconnues en amont de Toulouse et en aval jusqu'à Marmande et Beautiran, se retrouvent avec leurs mêmes caractères et la même disposition géographique dans la vallée inférieure du fleuve, tout au moins jusqu'à la hauteur du bec d'Ambez. Deux d'entre elles, les plus anciennes, avaient été confondues avec la formation bien imprécise dite du Sable des Landes.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la zone bocaine.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. Pierre Termier.

Les caractères de la *zone bocaine*, située entre Coutances, Granville et Argentan, ont été définis par M. Lecornu (¹), qui l'a décrite comme un

(¹) L. Lecornu, *Sur les plissements siluriens dans la région du Cotentin* (*Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 53, t. IV, 1892-1893, p. 395-414).

double pli d'assises siluriennes, synclinales, et a fait ressortir le contraste entre la régularité du bord Sud, continu, de cette zone et l'allure sinueuse, morcelée de son bord Nord.

L'étude détaillée, que j'ai poursuivie depuis plusieurs années, permet de préciser cette description et d'expliquer la structure de la zone.

La forme de la zone bocaine a été notablement modifiée par l'attribution au Cambrien de schistes qui avaient été rapportés à l'Algonkien (schistes de Saint-Lô). L'existence du double pli peut cependant être suivie dans toute la longueur de la zone, qui dépasse 120^{km}.

A l'ouest du méridien de Villedieu, les conglomérats et les schistes verts du Cambrien inférieur sont presque horizontaux; mais, à Gavray, il se détache de la limite nord du synclinal une bande de conglomérats de base du Cambrien, plongeant au Nord, qui s'avance jusqu'à Gouvets; elle est prolongée à l'est de la Vire par deux lambeaux de conglomérats (nord de Sainte-Marie-Outre-l'Eau et nord de Bures), plongeant également au Nord et situés le long d'une des failles parallèles à l'axe du synclinal. Au Mesnil-Auzouf, les schistes verts du Cambrien forment un petit anticlinal, au sud duquel les schistes rouges du sommet du Cambrien apparaissent à Montamy.

M. Lecornu a signalé le petit relèvement qui affecte les couches du gîte de minerai de fer de Saint-Rémy, et qui serait la continuation de l'anticlinal médian. Je crois que cet anticlinal correspond plutôt à l'axe de la profonde échancrure que forment les schistes de Saint-Lô dans le bord Sud du synclinal entre Clécy et les Loges-Saulces; d'importantes dislocations du Cambrien se manifestent aux extrémités périanticlinales de cet axe, où le granite apparaît près des Loges-Saulces et métamorphise le Silurien. Le pli Nord serait seul conservé ici et le pli Sud aurait été complètement enlevé par érosion.

L'anticlinal médian redevient très net dans le massif de Falaise où il correspond aux schistes cambriens de Saint-Martin-de-Mieux, ainsi que M. Lecornu l'a établi, et dans le massif de Montabard, où il coïncide avec un bombement des schistes d'Angers et du Grès de May près de Brieux.

Le pli Nord contient des assises plus élevées que le pli Sud, où le Cambrien inférieur est seul représenté dans toute la région à l'ouest du massif de Falaise. Au contraire, on voit apparaître dans le pli Nord les grès supérieurs du Cambrien à Montabot et à Guilberville, l'Ordovicien et le Gothlandien dans les massifs de Jurques et du Mont-Pinçon, l'Ordovicien à Saint-Rémy. Cette différence traduit une notable dissymétrie des deux flancs du synclinal de la zone bocaine.

Or tous les éléments de cette zone accusent cette dissymétrie. Ainsi la bande de conglomérats de la base du Cambrien ne présente au bord Sud d'autres interruptions que celles qui résultent de décrochements; du côté Nord, au contraire, cette bande disparaît à plusieurs reprises et avec elle

une partie des assises du flanc Nord du pli, de sorte que ce sont des assises élevées et parfois très élevées du pli qui sont en contact avec les schistes de Saint-Lô. Le pli manifeste ainsi une tendance à prendre une disposition monoclinale, avec plongement des assises vers le Nord. De plus, les couches dans le flanc Nord sont plus redressées que dans le flanc Sud, souvent verticales, ou même renversées (arkoses cambriennes au nord de Roucamps).

La disposition monoclinale apparaît avec netteté dans les autres éléments de la zone bocaine, massifs de La Forêt-Auvray et du Mesnil-Aubert, synclinal de Montmartin-sur-Mer, réduits à quelques assises de leur flanc Sud, plongeant au Nord.

Elle se poursuit dans le détail. La région de Jurques en donne un exemple particulièrement net : les divers affleurements ordoviciens, à la base desquels se trouve la couche de minerai de fer exploitée à Jurques, sont des lambeaux monoclinaux, à plongement Nord, dans lesquels le Grès de May ou les ampélites gothlandiennes sont limités au Nord par une faille.

La forme de ces accidents du front Nord de la zone bocaine et de ceux qui limitent les lambeaux qui font partie de cette zone ne peut s'expliquer par de simples mouvements verticaux, tassements ayant produit des dénivellations suivant des plans de failles verticales; il est nécessaire de faire intervenir des déplacements horizontaux.

L'ensemble de la zone a été en effet poussé du Sud au Nord, mais ses différentes régions ont inégalement obéi à la poussée. Du côté du Sud, les bandes ont été tronçonnées par des failles transversales et présentent une série de décrochements; dans l'intérieur du synclinal et sur son bord Nord, les assises ont été découpées en tranches qui ont chevauché les unes sur les autres en s'avançant vers le Nord.

Le peu de relief et l'état couvert du pays ne permettent pas d'observer d'affleurements où les accidents qui limitent ces tranches soient visibles. Cependant, au nord de Saint-Martin-des-Besaces, à la limite nord du massif de Jurques, une tranchée de tramway a montré très nettement les schistes cambriens chevauchant les schistes de Saint-Lô, suivant une faille plongeant de 25° vers le Sud.

Les lignes de contact anormal, qui limitent vers le Nord les fragments de la zone bocaine et ses éléments monoclinaux, doivent donc être interprétées comme la trace sur la surface topographique de surfaces de chevauchement qui s'enfoncent au Sud et qu'il faut comparer aux *thrust planes* des Highlands d'Écosse.

Cette notion de la structure de la zone bocaine peut avoir un intérêt pra-

tique. Cette structure ne doit pas être en effet spéciale à cette zone. La connaissance de la nature et du sens de ces accidents permet d'envisager la possibilité de rechercher au Sud de leur trace à la surface des assises recouvertes par ces chevauchements.

PHYSIQUE TERRESTRE. — *Sur les inégalités de la distribution du magnétisme terrestre.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Lippmann.

Dans un opuscule publié en 1889, Sir H. Wilde avait exposé ses travaux sur un instrument appelé *magnétarium*, destiné à reproduire les phénomènes du magnétisme terrestre ([1]). Malgré les objections que lui avait faite Bauer, il y avait dans son exposé une concordance générale si frappante avec la réalité, qu'il m'a paru intéressant de reprendre ce travail en le complétant. L'appareil de Wilde ne permettait pas, en effet, d'étudier les phénomènes sous les latitudes élevées, et, en particulier, dans le voisinage des pôles magnétiques.

J'ai, dans ce but, construit un nouvel appareil de 50^{cm} de diamètre, dans lequel on pouvait amener le courant aux bobines intérieures sans gêner l'étude au voisinage des pôles ([2]).

Le nouvel appareil m'a permis de confirmer, dans ses grandes lignes, les résultats de Wilde. Mais si l'on recherche ce qui se passe au voisinage des pôles, on constate que, le pôle Nord étant à sa place normale, le pôle Sud se trouve à 91° de longitude Est au lieu de 157°, c'est-à-dire qu'il est presque à l'antipode du pôle Nord, avec un écart de 7° seulement en longi-

---

([1]) Je rappelle que le magnétarium se compose de deux bobines électriques quasi sphériques, placées à l'intérieur d'un globe terrestre, dont l'une a son axe parallèle à celui de la Terre et dont l'autre est inclinée de 23°30′ sur la première. Leur diamètre étant aussi voisin que possible de celui du globe terrestre, on observe, en recouvrant la surface des mers avec des plaques de tôle, une concordance remarquable entre les éléments magnétiques donnés par une petite boussole sur le globe, et les mêmes éléments observés dans la nature. On retrouve entre autres, sur le magnétarium, l'existence de la petite aire ovale de déclinaison nulle en Chine, le point de croisement dans l'Atlantique, des lignes à égale déclinaison, etc.

([2]) L'intensité relative du courant dans les deux bobines n'avait pas été indiquée par Wilde. Dans des études faites avec l'appareil déposé au Conservatoire des Arts et Métiers, j'ai déterminé ce rapport de manière à obtenir les résultats les plus satisfaisants; j'ai trouvé que le courant dans la bobine, dirigée suivant l'axe terrestre, devait être cinq fois plus faible que dans l'autre.

tude au lieu de 73° comme dans la nature. J'ai cherché, par l'adjonction de plaques de tôle dans toutes les positions possibles, à obtenir la position réelle de ce pôle; il m'a été impossible de le ramener à moins de 30° de sa position véritable, et cela par l'adjonction de six épaisseurs de plaques de tôle sur une partie de la calotte australe recouverte de terres. Encore ce fait avait-il pour résultat de donner à de faibles distances du pôle Sud des irrégularités inadmissibles dans l'inclinaison.

Il paraît donc impossible de représenter, ainsi avec quelque rigueur, les phénomènes du magnétisme terrestre. On pourrait espérer se rapprocher de la réalité en désaxant le centre commun des bobines et en le plaçant sur la ligne des pôles magnétiques. Mais alors un calcul simple montre que la force magnétique devrait être environ deux fois et demie plus forte dans le nord de l'Afrique qu'en Océanie, ce qui est manifestement contraire à la réalité.

Dans le voisinage de l'Équateur néanmoins, les données de l'appareil concordent suffisamment avec les faits et montrent bien que l'irrégularité de la distribution du magnétisme terrestre est due, au moins partiellement, à l'effet magnétisant des mers. Cet effet est confirmé par le fait qu'en doublant l'épaisseur de la plaque de tôle aux points de grande profondeur maritime, on améliore les résultats. C'est ainsi que la ligne de déclinaison zéro de l'Amérique du Sud a été ramenée de 1° vers sa position réelle et que la partie Est de la petite aire ovale de déclinaison nulle de la Chine est revenue à sa position véritable dont elle s'écartait de 5° environ. La ligne d'inclinaison nulle a été modifiée de même à l'ouest de l'Amérique et à l'est de l'Asie; dans le premier cas, elle se trouvait trop au Nord, et la profondeur de l'Océan, sur les côtes du Chili, la ramène de 1° vers le Sud; dans le deuxième, elle était située trop au Sud et a été rapprochée de 2° vers sa position réelle.

Reste à voir quelle est la cause de cet effet magnétisant des mers. Faut-il la chercher dans la masse même des océans, ou n'est-il pas préférable de penser, avec M. Berget, que l'épaisseur du noyau terrestre est différente au-dessous des mers et sous les continents? Pour trancher cette difficulté, je me suis servi d'une petite boussole de déclinaison, spécialement construite à cet effet, et dont l'aimant, d'une longueur de 5^{mm}, pouvait être amené à une distance de 1^{mm} de la surface terrestre. Or, dans ces conditions, on observe, sur le magnétarium, une variation brusque de plusieurs dizaines de degrés dans la déclinaison, en passant du continent sur les mers. Cet effet ne se produit pas quand, comme dans les expériences précédentes,

la boussole est placée à $2^{cm},5$ de la surface terrestre. Si donc les océans agissaient bien par leur masse ou par les éléments qu'ils contiennent, on devrait, en s'éloignant de quelques lieues en mer, constater une variation très rapide de la déclinaison, ce qui n'a pas lieu. C'est donc l'hypothèse contraire qui paraît le plus vraisemblable ([1]).

Nous voyons donc, en définitive, que le magnétarium, qui séduisait par la simplicité de sa conception, ne saurait rendre compte des phénomènes du magnétisme terrestre. Il permet cependant d'affirmer que les anomalies de la distribution du magnétisme sont, en grande partie, dues à l'effet magnétisant des mers. La cause première de cet effet est difficile à préciser dans l'état actuel de la Science : on peut pourtant, avec grande vraisemblance, l'attribuer aux inégalités du noyau terrestre ou du moins à une plus forte proportion de matières magnétiques au-dessous des régions maritimes.

M. **Maurice Gandillot** adresse deux Notes intitulées : *Le préjugé de relativité* et *Le principe de relativité devant l'expérience.*

(Renvoi à l'examen de MM. Boussinesq et Lecornu.)

M. **G.-D. Hinrichs**, à propos de la Note de M. *H. Le Chatelier*, publiée dans les *Comptes rendus* du 8 juillet 1912, adresse une lettre dans laquelle il précise l'époque et le nombre de ses propres publications et renvoie spécialement à un sommaire assez complet qui a paru dans les *Proceedings of the American Philosophical Society*, t. LII, 1913, p. 543-557.

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

Ph. v. T.

([1]) Cette conclusion est encore confirmée par l'amélioration qu'on observe en recouvrant le nord de la Sibérie par une plaque de tôle; la ligne de déclinaison nulle est alors ramenée en partie vers sa position véritable. Or l'on sait que, sur cette région du globe, les géologues admettent l'existence d'une mer antérieure à notre époque.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 1er DÉCEMBRE 1913.

Œuvres mathématiques de Jean Dolbnia, publiées sous les auspices de l'École supérieure des Mines de l'Impératrice Catherine II, à Saint-Pétersbourg, avec une *Préface* de GASTON DARBOUX, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Paris, et une *Notice sur la vie et les travaux scientifiques de Dolbnia*, par NICOLAS KRILOFF. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Darboux.)

Leçons sur la Théorie des nombres, professées au Collège de France, par A. CHÂTELET. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Émile Picard.)

Étude sur la propagation des ondes liquides dans les tuyaux élastiques, par A. BOULANGER. Paris, Gauthier-Villars; Lille, Tallandier, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Boussinesq.)

Détermination des constantes dans la mesure de la gravité au moyen du pendule, par le général O. MADSEN, Directeur de l'Institut géodésique de Danemark. Copenhague, 1913; 1 vol. in-8°. [Écrit en langue danoise, avec un résumé en français.] (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Rapport sur les travaux du Conseil départemental d'Hygiène et de Salubrité, des Commissions sanitaires et des autres services d'Hygiène de la Loire-Inférieure, pendant l'année 1912. Nantes, C. Mellinet et Dautais, 1913; 1 vol. in-8°.

Contributo alla differenziazione dei fermenti lattici; Nota del Prof. COSTANTINO GORINI. Rome, 1912; 1 fasc. in-8°.

Di un fermento lattico filante (*bacillus casei filans*); Nota del Prof. COSTANTINO GORINI. Rome, 1912; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Principles of new theory of the series, by F. TAVANI. Kingsway, W.-C., C.-F. Hodgson et fils, s. d.; 1 fasc. in-12.

Report of the Commissioner of Education for the year ended june 30, 1912; Vol. I and II. Washington, 1912-1913; 2 vol. in-8°.

Moskauer Gesellschaft von Freunden der Astronomie. *Die totale Sonnenfinsternis vom* 21. *August* 1914 *im Europäischen Russland*. Moscou, 1913; 1 fasc. in-4°.

Memorie della Reale Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Modena; 3e série, t. X, 2e Partie. Modène, 1913; 1 vol. in-4°.

Boletin del Instituto geologico de Mexico; n° 30 : *Algunas faunas del Cretacico superior de Coahuila y regiones limitrofes*, por EMILIO BÖSE. Mexico, 1913; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 8 DÉCEMBRE 1913.

Savants du jour. ALBIN HALLER, *biographie, bibliographie analytique des écrits*, par ERNEST LEBON. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1913; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Moureu.)

Création d'un centre mondial de communication, par HENDRICK-CHRISTIAN ANDERSEN et ERNEST HÉBRARD, architecte. Paris, Philippe Renouard, 1913; 1 vol. in-f°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

La Conscience mondiale. Société internationale pour favoriser la création d'un centre mondial, devant servir d'abri et d'organe aux intérêts communs des nations, en vue d'aider tous les peuples à marcher, par la paix et la dignité, dans les larges voies du progrès, par H.-C. ANDERSEN. Rome, Bureau permanent Hendrick-C. Andersen, 1913; 1 fasc. in-4°. (Annexe au Volume ci-dessus.)

Le moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel, par JULES AMAR; avec une *Préface* de HENRY LE CHATELIER, Membre de l'Institut. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1914; 1 vol. in-12. (Hommage de M. H. Le Chatelier.)

Bicentenaire de la loi des grands nombres, 1713-1913. *Démonstration du second théorème-limite du Calcul des probabilités par la méthode des moments*, par A. MARKOFF; avec un portrait de Jacques Bernoulli. Saint-Pétersbourg, 1913; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Émile Picard.)

Les Echinides néogènes du Bassin méditerranéen, par JEAN COTTREAU. (*Annales de l'Institut océanographique;* t. VI, fasc. 3.) Paris, Masson et Cie, 1913; 1 vol. in-4°.

Étude sur les gisements de Mollusques comestibles des côtes de France. La Méditerranée : de Cerbère à l'embouchure de l'Hérault, par L. JOUBIN; avec une carte. (*Bulletin de l'Institut océanographique;* n° 272, 15 octobre 1913.) Monaco; 1 fasc. in-8°.

Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution; t. III. Washington, 1913; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 8 décembre 1913.)

Note de MM. *H. Deslandres* et *V. Burson*, Action du champ magnétique, etc. :

Page 1109, note (1) du bas de la page, première ligne, *au lieu de*

$$\text{Les valeurs de } \frac{d\lambda}{H\lambda^2},$$

lire

$$\text{Les valeurs de } \frac{d\lambda}{H\lambda^2} \times 10^4.$$

Présentation de M. *Le Chatelier*, t. 157, p. 1118 :

L'Ouvrage de M. JULES AMAR, présenté par M. H. Le Chatelier, a pour titre : *Le moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Pierre Duhem*, à Bordeaux, pour occuper la sixième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente le Tome III des *Procès-verbaux de l'Académie des Sciences*, comprenant les années 1804 à 1807.

Le Tome IV, comprenant les années 1808 à 1811, a paru il y a quelques semaines.

M. **L.-E. Bertin** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie l'*Esquisse d'un Chapitre d'Architecture navale* extrait des *Mémoires de l'Association technique maritime*, qui contient, avec de nouveaux développements, la théorie sur les résultats de l'agrandissement des navires exposée dans les *Comptes rendus* du 1er avril 1912.

Une application de ces formules aux grands paquebots a paru dans les *Comptes rendus* du 6 janvier 1913. Laissant de côté la limite de déplacement, au-dessus de laquelle l'avantage des augmentations au point de vue du rapport entre le chargement p et le déplacement P commence à diminuer, j'ai trouvé, pour les paquebots, trois limites intéressantes qui méritent dès à présent d'être prises en considération, savoir :

1° La limite comprise entre $30\,000^t$ et $40\,000^t$, au-dessus de laquelle le rapport de p à P va en diminuant;

2° La limite, voisine de $50\,000^t$, au-dessus de laquelle le chargement lui-même p va en diminuant;

3° La limite comprise entre $90\,000^t$ et $100\,000^t$, au-dessus de laquelle le chargement p, ayant passé par zéro, deviendrait négatif.

Dans l'Esquisse que je présente, une première application est faite à une classe de bâtiments de guerre, le grand cuirassé, en poussant les calculs jusqu'au déplacement de $50\,000^t$.

En raison de la légèreté des charpentes et des moteurs des navires de guerre, aucune des trois limites qui précèdent n'est atteinte dans les calculs. La limite à laquelle l'avantage des augmentations de déplacement, c'est-à-dire le rapport de Δp à ΔP, commence à diminuer, se rencontre entre $15\,000^t$ et $20\,000^t$ de déplacement; la valeur maxima de ce rapport est de 0,346.

Le rapport de p à P va toujours en augmentant, mais son augmentation, pour des valeurs de P croissant de 5000^t en 5000^t, diminue beaucoup à mesure que le déplacement augmente. Ainsi, entre 5000^t et $10\,000^t$, ce rapport passe de 0,1358 à 0,2267, augmentant ainsi de 66,2 pour 100. De $45\,000^t$ à $50\,000^t$, le rapport passe de 0,3159 à 0,3171, augmentant ainsi de 0,35 pour 100. On approche apparemment de la limite atteinte entre $30\,000^t$ et $40\,000^t$ sur les paquebots.

Les calculs, interrompus en janvier 1913, seront prochainement repris, et les formules appliquées aux principales classes des navires de guerre.

M. P. Duhem, en faisant hommage à l'Académie du premier Volume d'un Ouvrage intitulé : *Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, adresse la lettre suivante (¹) :

L'objet de cet Ouvrage est de retracer l'état des principes généraux de l'Astronomie, de la Dynamique, de la Physique au moment où s'est produite, vers le milieu du XVIᵉ siècle et au commencement du XVIIᵉ siècle, l'œuvre des créateurs de la Science moderne ; de dire, surtout, comment ces principes avaient atteint le degré de développement où nous les voyons alors.

Mais, lorsqu'il s'agit de retracer une genèse, on ne sait où prendre le commencement, puisque ce qui se fait à un moment dépend toujours de ce

(¹) Reçue dans la séance du 22 décembre 1913.

qui était auparavant. C'est donc un peu arbitrairement que nous avons décidé de commencer cette histoire à Platon, le premier physicien grec dont nous possédions des œuvres authentiques et étendues. Toutefois, Platon lui-même n'eût pas été pleinement compris si nous n'avions repris notre exposé de plus haut et si nous n'avions reproduit ce qu'on sait de l'*Astronomie pythagoricienne* et, en particulier, du système de Philololaüs.

Le Timée, la République, les Lois, l'Épinomide permettent de reconstituer, en grande partie, la *Cosmologie de Platon* et de ses disciples immédiats. Les enseignements de Platon, échos probables des dogmes pythagoriciens, ont fourni le principe de l'*Astronomie des sphères homocentriques*, développée par Eudoxe et par Calippe, et sur laquelle s'est exercée avec tant de fruit la sagacité de Paul Tannery et de Giovanni Schiaparelli.

Aristote a enchâssé la théorie des sphères homocentriques dans son système de Physique. Nous nous sommes attaché à mettre en évidence la puissante structure logique de cette *Physique d'Aristote* qui devait exercer un si durable empire.

Mais la pensée hellénique ne s'est pas arrêtée après avoir produit le système d'Aristote. Nous avons retracé, d'abord, ce que les divers représentants du Stoïcisme et du Néo-platonisme avaient enseigné touchant *le temps, le lieu et le vide*. Parmi les problèmes qu'ils ont agités, il en est plusieurs qui préoccupent encore aujourd'hui mécaniciens et philosophes, et nombre de solutions proposées de nos jours se rapprochent fort de celles que l'Antiquité avait déjà aperçues.

La *Dynamique des Hellènes après Aristote* nous montre, aux prises, deux partis. D'un côté, les Péripatéticiens intransigeants continuent de regarder le mouvement dans un espace vide comme une absurdité et d'admettre que l'air ébranlé permet seul à la flèche de se mouvoir après qu'elle a quitté la corde de l'arc. D'un autre côté, Jean Philopon, pour justifier la possibilité du mouvement dans le vide, est conduit à préciser la distinction du poids-force et du poids-masse; il enseigne que le mouvement du projectile est maintenu par une *énergie cinétique* (c'est le terme dont il fait usage) qu'y a mise l'instrument balistique.

L'astronomie des sphères homocentriques était impropre à sauver les phénomènes constatés par les observateurs. A cette astronomie, se substituent diverses *astronomies héliocentriques*. Les unes, tel le système d'Héraclide du Pont, tout en laissant la Terre immobile au centre du mouvement du Soleil, font tourner, autour du Soleil, Mercure, Vénus et, peut-être, les autres planètes; elles ébauchent le système de Tycho Brahé. Les autres,

professées peut-être par Héraclide et, à coup sûr, par Aristarque de Samos, font tourner la Terre et les autres planètes autour du Soleil; elles esquissent le système de Copernic.

Les astronomies héliocentriques ne parviennent pas à se développer ou ne se développent qu'en se transformant. Elles cèdent le pas à l'*astronomie des excentriques et des épicycles*, gloire d'Apollonius, d'Hipparque et de Ptolémée. Nous avons retracé les hypothèses de G. Schiaparelli et de P. Tannery sur la genèse de cette astronomie et décrit, d'après l'*Almageste*, la forme définitive qu'elle avait prise.

Tel est, en peu de mots, le programme du Volume que nous avons l'honneur d'offrir à l'Académie. L'histoire de la Cosmologie hellénique n'y est pas épuisée, loin de là. Les notions acquises par les anciens sur les dimensions du monde, la théorie de la précession des équinoxes, celle des marées, trouveront place dans un second Volume.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contributions à l'étude du benzhydrol; préparation du tétraphényléthane symétrique.* Note [1] de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat**.

I. Le *diphénylcarbinol* ou *benzhydrol*, $C^6H^5.CHOH.C^6H^5$, qui est obtenu aisément en réduisant par le sodium la benzophénone dissoute dans l'alcool amylique, paraît, d'après les analogies, pouvoir être facilement préparé au moyen des organomagnésiens de Grignard, et sa préparation ainsi effectuée figure dans les Traités de Chimie. Or nous avons reconnu qu'elle ne conduit à aucun résultat pratique.

Elle peut être poursuivie selon deux voies distinctes : l'une consiste à faire agir l'aldéhyde benzoïque sur le bromure de phénylmagnésium, et à décomposer par l'eau le complexe organo-magnésien qui a été formé; l'autre consiste à ajouter un éther formique, par exemple le formiate d'éthyle dans 2^{mol} de bromure de phénylmagnésium, puis à faire intervenir la destruction par l'eau.

Dans les deux modes, on est conduit au même complexe organo-magnésien :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} OMgBr \\ H \end{matrix}$$

---

(1) Reçue dans la séance du 22 décembre 1913.

qui devrait, sous action de l'eau, conduire au benzhydrol fondant à 67°. Pratiquement, la réaction effectuée avec le plus grand soin ne conduit qu'à un rendement en benzhydrol tout à fait minime, ne dépassant pas 3 pour 100.

Mais on trouve, à côté du *benzophénone* (fondant à 46°), une certaine proportion de *diphénylméthane* $C^6H^5.CH^2.C^6H^5$ (bouillant à 261° et fondant à 27°), et une dose plus importante de *tétraphénylméthane symétrique*, $(C^6H^5)^2CH.CH(C^6H^5)^2$, fondant à 211°, très facilement séparable à cause de son insolubilité à peu près complète dans l'alcool froid, qui dissout bien les deux autres produits.

Les réactions indiquées plus haut, inefficaces à la production du benzhydrol, constituent donc un mode de préparation facile du tétraphénylméthane.

2. Le tétraphényléthane symétrique avait été préparé en hydrogénant par diverses méthodes la benzophénone [1], le benzhydrol ou son oxyde [2]. Il avait été signalé parmi les produits de dédoublement du benzhydrol maintenu au-dessus de 300° [3].

Knœvenagel et Heckel ont indiqué qu'il s'en produit, à côté de benzophénone, dans l'action de la poudre de cuivre sur le benzhydrol à 290° [4].

Par cristallisation dans le chloroforme qui le dissout abondamment, le tétraphényléthane peut être obtenu en magnifiques cristaux prismatiques brillants, à peu près insolubles dans l'alcool. Il se dissout facilement dans le benzène, dont il cristallise en belles aiguilles contenant 1^{mol} de benzène de cristallisation pour 1^{mol} de carbure (Zagumeny). Ces aiguilles s'effleurissent à l'air par perte de benzène : mais inversement, nous avons trouvé que si l'on fait passer à froid sur les cristaux effleuris un courant d'air saturé de vapeurs de benzène, celui-ci se fixe sur les cristaux à raison de 1^{mol} par molécule : $0^g,520$ d'hydrocarbure ont fixé $0^g,125$ de benzène (calculé $0^g,121$).

3. Nous avons tenté de réaliser l'hydrogénation directe de cet hydrocarbure par catalyse. En envoyant à 230°-240° sur un nickel réduit très actif les vapeurs de tétraphényléthane produites à 200° dans un courant

(1) GRŒBE, *Ber. chem. Ges.*, t. VIII, 1875, p. 1055. — STŒDEL, *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXCIV, 1878, p. 310.

(2) ZAGUMENY, *Ann. Chem. Pharm.*, t. CLXXXIV, 1876, p. 176.

(3) NEF, *Ann. Chem. Pharm.*, t. CCXCVIII, p. 236.

(4) KNŒVENAGEL et HECKEL, *Ber. Chem. Ges.*, t. XXXVI, 1903, p. 2816.

d'hydrogène, nous avons recueilli seulement du *diphénylméthane* et du *dicyclohexylméthane*, issus du dédoublement de la molécule et de l'hydrogénation des tronçons égaux qu'elle fournit.

4. Ainsi, la destruction par l'eau du complexe organomagnésien fournit, au lieu du benzhydrol, un produit de déshydrogénation, la benzophénone, et en même temps, *par compensation*, des produits d'hydrogénation, le diphénylméthane et surtout le tétraphényléthane symétrique.

Nous avons retrouvé une formation analogue dans l'action de la benzophénone sur divers organomagnésiens mixtes aliphatiques.

Le traitement par l'eau du complexe obtenu, qui devrait théoriquement conduire à des alcools tertiaires, donne lieu fréquemment à une perturbation que l'un de nous a signalée, il y a quelques années, et qui régénère l'alcool secondaire, issu de l'acétone, ici de la benzophénone, avec séparation du carbure éthylénique correspondant à l'organomagnésien (1).

Quand on détruit par l'eau le produit de l'action de la benzophénone sur le chlorure de propylmagnésium, on n'engendre qu'en partie le *diphénylpropylcarbinol*, dont la déshydratation fournit un *diphénylbutène* (2); il y a dégagement important de propylène, et l'on obtient, non pas le benzhydrol qu'on pouvait attendre, mais de la benzophénone régénérée avec une dose importante de tétraphényléthane.

Cette formation est moins importante à partir du bromure ou de l'iodure de propylmagnésium.

5. Dans ces divers cas, tout se passe comme si le benzhydrol naissant se détruisait selon les réactions

$$3(C^6H^5.CHOH.C^6H^5) = 2H^2O + C^6H^5.CO.C^6H^5 + (C^6H^5)^2CH.CH(C^6H^5)^2$$

et

$$2(C^6H^5.CHOH.C^6H^5) = H^2O + C^6H^5.CO.C^6H^5 + C^6H^5.CH^2.C^6H^5.$$

Ces réactions du benzhydrol sur lui-même peuvent être envisagées comme une déshydrogénation en benzophénone, l'hydrogène naissant qui en provient étant immédiatement utilisé pour hydrogéner celle-ci en diphénylméthane ou en tétraphényléthane.

On pouvait donc prévoir que les métaux divisés, hydrogénants et déshydrogénants, pourraient produire le même effet. C'est ce qu'ont

(1) PAUL SABATIER et A. MAILHE, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 298.

(2) PAUL SABATIER et MURAT, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1432.

constaté, avec la poudre de cuivre à 290°, Knœvenagel et Heckel, ainsi qu'il a été indiqué plus haut. Nous avons vérifié directement que les vapeurs de benzhydrol, dirigées à 350° sur une colonne de cuivre réduit, fournissent, avec un faible dégagement gazeux, de l'eau, de la benzophénone et du tétraphényléthane.

6. D'autre part, l'action du benzhydrol sur lui-même correspond à une élimination d'eau, et nous avons vérifié qu'elle peut être déterminée par les catalyseurs de déshydratation agissant sur les vapeurs de benzhydrol.

Les vapeurs de benzhydrol, passant à 420° sur une colonne de thorine, fournissent, sans dégagement d'hydrogène, de l'eau et un mélange liquide que la distillation sépare immédiatement en trois parties, l'une passant de 260° à 275°, constituée par du diphénylméthane presque pur; l'autre, passant de 290° à 320°, contient du benzhydrol et de la benzophénone; la troisième, qui reste à 320° dans le ballon, se prend en cristaux de tétraphényléthane fondant à 211°.

7. Nous ne pouvons nous empêcher de rapprocher cette réaction du benzhydrol sur lui-même de celle qui a été récemment indiquée par Schmidlin et Garcia Banus [1], action de l'éthanol sur le benzhydrol en solution sulfurique, qui donne lieu à la déshydrogénation de l'éthanol en aldéhyde en même temps qu'à l'hydrogénation du benzhydrol en diphénylméthane. Dans la réaction du benzhydrol seul, le rôle de l'éthanol vis-à-vis du benzhydrol se trouve rempli par le benzhydrol lui-même, ramené à l'état de benzophénone.

Nous avons pensé que la réaction de Schmidlin pourrait être accomplie en remplaçant comme déshydratant l'acide sulfurique par la thorine agissant à titre de catalyseur sous une température élevée. C'est ce que l'expérience a pleinement vérifié.

Quand on dirige sur une traînée de thorine à 420° le mélange de vapeurs de benzhydrol et d'un excès d'alcool méthylique, on obtient une réduction sensiblement totale du benzhydrol en diphénylméthane, immédiatement cristallisable, après une seule distillation, en cristaux fondant à 27°. A cette température, le méthanal engendré est totalement scindé en produits gazeux.

De la même manière, le mélange des vapeurs de benzhydrol et d'éthanol, passant à 420° sur la thorine, fournit, à côté d'aldéhyde, d'eau et de pro-

---

(1) SCHMIDLIN et GARCIA BANUS, *Ber. chem. Ges.*, t. XLV, 1912, p. 3188.

duits gazeux, un liquide formé en majeure partie de diphénylméthane avec un peu de benzophénone et de tétraphényléthane.

8. Ces résultats établissent que les alcools primaires, et plus particulièrement l'alcool méthylique, peuvent être employés pratiquement, en présence de catalyseurs déshydratants, comme réducteurs hydrogénants et soustracteurs d'oxygène. Nous aurons l'honneur de revenir prochainement sur ce résultat important.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Depéret*, élu Membre non résident.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 35,

M. de Grossouvre obtient	32	suffrages
M. G. Friedel »	3	»

M. DE GROSSOUVRE, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL annonce à l'Académie la mort de M. *Zambaco*, Correspondant de la Section de Médecine et Chirurgie, à Constantinople, décédé récemment au Caire.

M. Zambaco était bien connu pour ses recherches sur la lèpre.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Bicentenaire de Lacaille*, par E. BOQUET.

2° *Traité de Géographie physique*, par EMM. DE MARTONNE, 2e édition. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

M. **Sauvageau** adresse un Rapport sur l'usage qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1912.

MM. **Bosler** et **K. Koslov** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Albert Robin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *Lucas-Championnière*.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Delavau faites au grand équatorial de l'Observatoire de Bordeaux.* Note de M. **Ernest Esclangon**.

	Dates. 1913.	Temps moyen de Bordeaux.	Δα.	Δ℘.	α apparente.	Log. fact. parallaxe.	℘ apparente.	Log. fact. parallaxe.	Nombre de comp.
		h m s	m s	′ ″	h m s		° ′ ″		
.....	Déc. 22	9.33.16,0	−3.17,30	−1.22,3	2.59. 8,48	$+\bar{2}$,842	96.57. 5,1	−0,843	28: 7
.....	» 23	6. 4.10,2	+2. 1,30	−3.34,4	2.58.26,06	$-\bar{1}$,453	96.51.40,1	−0,831	24: 6

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

	α 1913,0.	Réduction au jour.	℘ 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a....	3. 2.21,69	+4,09	96.58.46,4	−18,8	B.D., −7°, n° 546; A.G. Wien. Ottakring, 706
b....	2.56.20,69	+4,07	96.55.33,8	−18,9	B.D., −7°, n° 534; A.G. Wien. Ottakring, 681

ASTRONOMIE. — *Sur le système solaire.* Note de M. **F. Ollive**, présentée par M. J. Violle.

Si l'on appelle R′ la moyenne distance d'un satellite à la planète autour de laquelle il gravite, v' sa vitesse de translation autour de cette même planète, R la moyenne distance de la planète au Soleil et r son rayon moyen, on a :

$$r^3 = kRR'v'^2.$$

Voici les résultats que nous avons obtenus, dans le système C. G. S., pour les planètes auxquelles on connaît des satellites. La constante

$$k = 10^{-8} \times 4,313.$$

Planètes.	Satellites.	Distance R de la planète au Soleil, celle de la Terre ($1,49501 \times 10^{13}$) étant prise pour unité.	Distance R′ du satellite la planète rapportée au rayon r de la planète.	Durée en secondes de la révolution sidérale du satellite.	Vitesse de translation v' en cm : sec du satellite.	Rapport $\frac{r}{r_1}$ du rayon r au rayon r de la Terre ($6,371 \times 10^8$). calculé.	indiqué.
Terre.......	Lune	1	60,27	2 360 591	102 200	1	1
Mars.......	1er satellite	1,524	2,7	27 554	211 800	0,541	0,540
»	2e »	»	6,74	109 075	133 600	0,5398	»
Jupiter.....	1er satellite	5,203	5,906	152 853	1 733 000	11,78	11,14
»	2e »	»	9,397	306 822	1 366 000	11,73	»
»	3e »	»	14,989	618 153	1 081 000	11,73	»
»	4e »	»	26,364	1 441 931	815 300	11,73	»
»	5e »	»	2,55	43 043	2 642 000	11,79	»
»	6e »	»	160	21 686 400	329 000	11,68	»
»	7e »	»	167	22 896 000	352 300	11,76	»
»	8e »	»	330	63 840 000	230 500	11,73	»
Saturne.....	1er satellite	9,555	3,07	81 425	1 419 000	9,590	9,4
»	2e »	»	3,94	118 387	1 252 000	9,587	»
»	3e »	»	4,87	163 106	1 124 000	9,575	»
»	4e »	»	6,25	236 469	994 000	9,587	»
»	5e »	»	8,73	390 312	841 600	9,591	»
»	6e »	»	20,22	1 377 687	552 300	9,588	»
»	7e »	»	24,49	1 837 104	501 600	9,580	»
»	8e »	»	58,91	6 854 183	323 400	9,579	»
»	9e »	»	214	47 558 040	173 300	9,715	»
»	10e »	»	24,2	1 801 440	505 500	9,591	»
Uranus.....	1er satellite	19,218	6,57	181 761	578 800	6,454	4
»	2e »	»	9,17	358 057	410 100	5,732	»
»	3e »	»	16,11	752 189	342 900	6,139	»
»	4e »	»	21,548	1 163 226	296 500	6,139	»
Neptune....	1er satellite	30,11	14,73	507 758	499 300	9,107	4,3

Les données ont été prises dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, année 1913.

Sauf pour Uranus et Neptune, les différences entre les valeurs calculées et celles indiquées ne semblent pas dépasser les erreurs de mesure. « La détermination des diamètres des planètes est très difficile et les valeurs obtenues par les différents observateurs sont souvent assez différentes. Leur incertitude est d'autant plus grande qu'il s'agit de planètes plus éloignées » (*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1913, p. 236). Il n'y a donc pas lieu de s'étonner des différences constatées pour les deux dernières planètes. En résumé, les résultats peuvent être regardés comme très concordants pour toutes les planètes dont les diamètres ont pu être mesurés avec quelque précision.

ASTRONOMIE. — *Sur le calcul d'une orbite circulaire à l'aide d'une seule observation photographique*. Note de M. **Luc Picart**, présentée par M. B. Baillaud.

Il existe un nombre considérable de petites planètes, découvertes au moyen de la photographie, qui n'ont pu, pour des raisons diverses, être retrouvées et suivies; on peut se demander s'il ne serait pas possible d'utiliser la grande précision qui résulte, à l'heure actuelle, des mesures des clichés pour éviter de telles pertes; si, de la longueur et de la direction du trait tracé par une planète sur une plaque photographique, on pouvait déduire avec assez d'exactitude les dérivées des coordonnées apparentes de l'astre, on aurait les données suffisantes pour calculer une orbite circulaire; il n'est pas douteux que la position de l'astre, déterminée d'après les éléments de cette orbite pour une époque ultérieure, soit en général beaucoup plus exacte que celle qu'indiquerait une simple extrapolation.

Soient x l'une des coordonnées sphériques apparentes à l'instant t du début de la pose, x_1 la même coordonnée à l'instant t_1, fin de la pose; en appelant x' la dérivée à calculer, on a

$$x' = \frac{x_1 - x}{t_1 - t} - \frac{x''}{2}(t_1 - t),$$

x'' désignant la dérivée seconde de x pour une époque comprise entre t et t_1. Cette dérivée seconde dépend de tous les éléments de l'orbite de la planète, et aussi de la position de la Terre sur son orbite, de sorte qu'il est difficile de discuter analytiquement sa grandeur. Mais on peut en avoir une idée approximative en consultant, dans un Tableau assez étendu d'éphémérides, la liste des différences secondes des coordonnées, on voit ainsi, en écartant le cas d'une planète très rapprochée de la Terre, telle qu'Eros que, dans le voisinage d'une opposition, la différence seconde atteint très rarement 15 secondes d'arc; il faudrait donc une pose de plus de 3 heures pour que le second terme de x' dépassât $1''$.

La différence $x_1 - x$, qui résulte de pointés différentiels, peut s'obtenir avec une haute précision, sans trop longs calculs pour déterminer les constantes de la plaque; on pourra le plus souvent utiliser des positions d'étoiles voisines que le Catalogue photographique fournira en grand nombre; il ne paraît pas exagéré de fixer à $0'',1$ la limite de l'erreur qu'on commettra dans la mesure de cette différence; on aurait, avec une pose

de 2 heures, qui pourrait d'ailleurs être interrompue en son milieu, la valeur de x' à $2''$ près. Toutes les observations visuelles ne donnent pas des résultats aussi exacts.

Pour obtenir la distance a de la planète au Soleil, on peut introduire comme inconnues auxiliaires la distance géocentrique ρ et sa dérivée ρ'; on a, dans le triangle Soleil-Terre-Planète, une relation entre ρ et a, d'où l'on déduit par différentiation, en supposant a constant, une seconde équation; la troisième équation est fournie par l'intégrale des forces vives $V^2 = \frac{k^2}{a}$; si l'on élimine ρ et ρ' de ces trois équations, on obtient, pour déterminer a, une équation du dixième degré; il est clair qu'au point de vue du calcul pratique, ce procédé est médiocre.

Il vaut mieux, ainsi que l'a indiqué Gauss dans le cas de deux observations distinctes, passer par l'intermédiaire de l'angle parallactique sous lequel on voit de la planète le rayon qui unit la Terre au Soleil. Le calcul se résume alors ainsi qu'il suit :

Les *données* sont λ et β, longitude et latitude géocentriques de l'astre à l'époque t (on néglige toute correction de parallaxe); les dérivées premières λ' et β' de λ et β, ces dérivées étant obtenues par des mesures directes, ou déduites d'une transformation de coordonnées; enfin L, longitude de la Terre, R distance de la Terre au Soleil; on prendra $L' = \frac{k}{R^{\frac{3}{2}}}$.

Un *calcul préliminaire* donne l'angle d formé par la direction apparente de l'astre avec le rayon Soleil-Terre, et l'inclinaison γ sur l'écliptique du plan de ces deux directions par les formules

$$\sin d \sin\gamma = \sin\beta, \qquad \sin d \cos\gamma = \cos\beta \sin(\lambda - L), \qquad \cos d = \cos\beta \cos(\lambda - L).$$

On aura ensuite

$$d' = \beta' \sin\gamma \cos(\lambda - L) + (\lambda' - L')\cos\gamma,$$

puis γ' par l'une ou l'autre des deux formules

$$\frac{\gamma'}{\sin 2\gamma} = \frac{\beta'}{\sin 2\beta} - 2\frac{\lambda' - L'}{\tang(\lambda - L)}; \qquad \gamma' = \frac{\beta'}{\sin(\lambda - L)} - d'\frac{\tang\gamma}{\tang d}.$$

On déterminera les auxiliaires φ, A et B par les relations

$$\tang\varphi = \frac{L'\sin\gamma}{\gamma'}, \qquad L'\cos\gamma + d' = A, \qquad \frac{L'\sin\gamma}{\sin\varphi} = B.$$

Pour obtenir a par *approximations successives*, d'une valeur arbitraire a_0, on déduira l'angle z,

$$\frac{\sin z}{R} = \frac{\sin d}{a}, \qquad \text{d'où} \qquad z' = \frac{R\cos d}{a\cos z}d';$$

la dérivée u' de l'angle que fait le rayon héliocentrique avec une direction fixe de son plan est donnée par la formule

$$u'^2 = (A - z')^2 + B^2 \sin^2(\varphi - d + z);$$

d'autre part, la troisième loi de Képler donne

$$u' = \frac{k}{a_0^{\frac{3}{2}}},$$

Une fois obtenue la valeur de a qui fait coïncider les deux expressions de u', les autres éléments i et ☊ de l'orbite, et u, argument de latitude se trouvent aisément : dans le triangle sphérique ayant pour sommets les projections héliocentriques de la Terre T, de la planète P, et le nœud de l'orbite, l'angle P est donné par la formule

$$\cos P = \frac{A - z'}{u'};$$

on a, dans ce triangle,

$$\sin\frac{i}{2}\sin\frac{L - \Omega + u}{2} = \sin\frac{d-z}{2}\sin\frac{\gamma + P}{2},$$

$$\sin\frac{i}{2}\cos\frac{L - \Omega + u}{2} = \cos\frac{d-z}{2}\sin\frac{P - \gamma}{2},$$

$$\cos\frac{i}{2}\sin\frac{L - \Omega - u}{2} = \sin\frac{d-z}{2}\cos\frac{\gamma + P}{2},$$

$$\cos\frac{i}{2}\cos\frac{L - \Omega - u}{2} = \cos\frac{d-z}{2}\cos\frac{P - \gamma}{2}.$$

Ce mode de calcul permet de voir aisément que, dans certains cas, il sera impossible de calculer une orbite circulaire avec les données; le fait se présentera si, quelle que soit la valeur de l'indéterminée a, la quantité $A - z'$ est en valeur absolue supérieure à $\frac{k}{a^{\frac{3}{2}}}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution d'un problème de calcul intégral.* Note de M. A. **Demoulin**.

1. Nous résolvons, dans cette Note, le problème suivant : *Déterminer de la manière la plus générale n fonctions $u_1, \ldots, u_n$, des n variables $x_1, \ldots, x_n$ satisfaisant à l'équation*

$$(E_n) \qquad \frac{\partial(u_1, \ldots, u_n)}{\partial(x_1, \ldots, x_n)} = F(x_1, \ldots, x_n),$$

dans laquelle $F(x_1, \ldots, x_n)$ est une fonction donnée.

Les fonctions $u_2, \ldots, u_n$ étant arbitrairement choisies, l'équation (E_n), considérée comme déterminant u_1, est une équation linéaire aux dérivées partielles. Il est clair que si l'on pouvait l'intégrer, le problème serait résolu. Telle est la remarque qui nous a servi de point de départ. Nous allons l'appliquer successivement aux équations (E_2), (E_3), ...

2. La solution la plus générale de l'équation (E_2) est donnée par les formules

$$(1)\qquad \begin{cases} u_1 = \varphi'_{u_2}(x_1, u_2), \\ \int F(x_1, x_2)\,dx_2 = \varphi'_{x_1}(x_1, u_2), \end{cases}$$

$\varphi(x_1, u_2)$ désignant une fonction arbitraire [1]. Pour abréger, nous n'établirons pas ce résultat.

3. Intégrons l'équation (E_3). Le système des équations différentielles des caractéristiques est

$$(2)\qquad \frac{dx_1}{\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_2, x_3)}} = \frac{dx_2}{-\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_1, x_3)}} = \frac{dx_3}{\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_1, x_2)}}, \qquad du_1 = \frac{F(x_1, x_2, x_3)}{\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_2, x_3)}}\,dx_1.$$

Il admet les intégrales

$$(3)\qquad u_2 = \alpha_2, \qquad u_3 = \alpha_3.$$

Afin d'obtenir une troisième intégrale de ce système, définissons les fonctions u_2, u_3 au moyen des équations

$$(4)\qquad \begin{cases} x_2 = \psi_2(x_1, u_2, u_3), \\ \int F(x_1, x_2, x_3)\,dx_3 = \psi_3(x_1, u_2, u_3). \end{cases}$$

On déduit de là, en posant, pour un instant, $\xi_3 = \int F(x_1, x_2, x_3)\,dx_3$,

$$\frac{\partial(\psi_2, \psi_3)}{\partial(u_2, u_3)} = \frac{1}{\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_2, \xi_3)}} = \frac{\dfrac{\partial(x_2, \xi_3)}{\partial(x_2, x_3)}}{\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_2, x_3)}} = \frac{F(x_1, x_2, x_3)}{\dfrac{\partial(u_2, u_3)}{\partial(x_2, x_3)}}.$$

Par suite, la dernière équation (2) peut s'écrire

$$du_1 = \frac{\partial(\psi_2, \psi_3)}{\partial(u_2, u_3)}\,dx_1.$$

---

[1] M. Gravé (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1896) a résolu l'équation (E_2) dans le cas où le second membre est une fonction de x_1.

En intégrant après avoir tenu compte des équations (3), on trouve

$$u = \int \left[\frac{\partial \psi_2(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_2} \frac{\partial \psi_3(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_3} - \frac{\partial \psi_2(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_3} \frac{\partial \psi_3(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_2} \right] dx_1 + \beta.$$

Si l'on pose

$$(5) \quad \frac{\partial \psi_2(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_2} \frac{\partial \psi_3(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_3} - \frac{\partial \psi_2(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_3} \frac{d \psi_3(x_1, \alpha_2, \alpha_3)}{\partial \alpha_2} = \theta''_{x_1\alpha_3}(x_1, \alpha_2, \alpha_3),$$

la quadrature peut être effectuée et il vient

$$(6) \qquad u_1 = \theta'_{\alpha_3}(x_1, \alpha_2, \alpha_3) + \beta.$$

Des intégrales (3) et (6) du système (2), on déduit l'intégrale de l'équation (E_3) :

$$(7) \qquad u_1 = \theta'_{u_3}(x_1, u_2, u_3) + \chi(u_2, u_3).$$

En joignant à cette équation les équations (4), on obtiendra le système qui définit u_1, u_2, u_3.

Il reste à satisfaire à l'équation (5) de la manière la plus générale, la fonction $\theta(x_1, \alpha_2, \alpha_3)$ étant donnée. Or cette équation est une équation (E_2). On a donc, par application des formules (1),

$$(8) \qquad \psi_2(x_1, \alpha_2, \alpha_3) = \varphi'_{\psi_3}(x_1, \alpha_2, \psi_3),$$

$$(9) \qquad \theta'_{x_1}(x_1, \alpha_2, \alpha_3) = \varphi'_{\alpha_2}(x_1, \alpha_2, \psi_3).$$

Si l'on remplace $\theta(x_1, u_2, u_3)$ par $\theta(x_1, u_2, u_3) - \int \chi(u_2, u_3)\, du_3$, l'équation (9) ne change pas et l'équation (7) devient

$$(10) \qquad u_1 = \theta'_{u_3}(x_1, u_2, u_3).$$

En résumé, les fonctions θ et φ étant arbitraires, l'équation (9) définit ψ_3, l'équation (8) définit ψ_2, enfin u_1, u_2, u_3 sont données par les équations (4) et (10).

4. En suivant la même marche qu'au n° 3, on résoudra successivement les équations (E_4), (E_5), ... Pour résoudre l'équation (E_n), on définira les fonctions u_2, ..., u_n au moyen des équations

$$x_2 = \psi_2(x_1, u_2, \ldots, u_n), \qquad \ldots, \qquad x_{n-1} = \psi_{n-1}(x_1, u_2, \ldots, u_n),$$
$$\int F(x_1, \ldots, x_n)\, dx_n = \psi_n(x_1, u_2, \ldots, u_n).$$

5. Les formules que nous venons d'établir fournissent la solution des problèmes suivants :

Déterminer les transformations ponctuelles de l'espace à n dimensions admettant comme invariant intégral une intégrale n-uple donnée. En particulier, déterminer les transformations de l'espace à n dimensions qui conservent les volumes.

Établir, entre deux surfaces données, les correspondances ponctuelles telles que, si (u, v), (u', v') sont les coordonnées curvilignes de deux points correspondants, on ait

$$\int\int F(u, v)\, d\omega = \int\int \Phi(u', v')\, d\omega',$$

$d\omega$, $d\omega'$ désignant deux éléments d'aire correspondants et $F(u, v)$, $\Phi(u, v)$ deux fonctions données.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration de l'équation $\Delta_2 u = ke^u$ sur une surface fermée.* Note de M. **Léon Lichtenstein**, présentée par M. Émile Picard.

Soit T une surface fermée régulièrement analytique quelconque dont les points sont supposés rapportés à un système de paramètres isothermiques (p, q). Soient ds le différentiel d'arc, $\Delta_1 u$ et $\Delta_2 u$ les paramètres de *Beltrami;* k une fonction positive, continue avec ses dérivées premières. On a

$$(1)\quad ds^2 = \rho(dp^2 + dq^2), \qquad \Delta_1 u = \frac{1}{\rho}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial q}\right)^2\right], \qquad \Delta_2 u = \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial p^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial q^2}\right).$$

Dans ses célèbres travaux sur la méthode des approximations successives (*Journ. de Math.*, 1890, 1893, 1898; *Crelle*, 1905), M. Picard a démontré l'existence d'une solution $u(p, q)$ de l'équation

$$(2)\qquad \Delta_2 u = ke^u,$$

continue sur T sauf en un nombre fini des points (p_i, q_i) $(i = 1, \ldots, m)$ où elle admet des singularités logarithmiques

$$(3)\quad \alpha_i \log r_i, \qquad r_i^2 = (p - p_i)^2 + (q - q_i)^2, \qquad \alpha_i > -2, \qquad \sum_i^{1\ldots m} \alpha_i < 0 \quad (^1).$$

(1) A la vérité M. Picard, s'inspirant d'un problème posé par M. H.-A. Schwarz, a considéré une surface de Riemann ordinaire sous des conditions un peu différentes. Sa méthode s'étend d'ailleurs immédiatement au cas du texte.

Une autre démonstration est due à Poincaré (*Journal de Mathématiques*, 1898). Le grand géomètre introduit, en outre, des points singuliers (p'_i, q'_i) $(i = 1, 2, \ldots, m')$ au voisinage desquels $u(p, q)$ se comporte comme $-2\log r'_i - 2\log|\log r'_i|$, $r'^2_i = (p - p'_i)^2 + (q - q'_i)^2$.

L'application des principes exposés dans une Note récente (*Comptes rendus*, t. 157, p. 629) m'a conduit à une démonstration nouvelle du théorème de M. Picard, valable dans le cas général de Poincaré, auquel cas l'inégalité $\Sigma\alpha_i < 0$ doit être remplacée par $\Sigma\alpha_i - 2m' < 0$. Je me permets de l'exposer ici dans ses traits essentiels.

Soit β une fonction positive, continue avec ses dérivées premières, sauf aux points (p_i, q_i) $(i = 1, \ldots, m)$, (p_i, q'_i) $(i = 1, \ldots, m')$ dans le voisinage desquels elle est égale à

$$r_i^{\alpha_i}, \quad 2 r_i'^{-2}(\log r'_i)^{-2}, \tag{4}$$

et telle que

$$\iint_T \beta \, d\omega = 2\pi(-\Sigma\alpha_i + 2m'), \tag{5}$$

$d\omega$ désignant l'élément d'aire. Soit $\varphi\ (p, q)$ une solution de l'équation $\Delta_2\varphi = \beta$ continue sur T, sauf aux points (p_i, q_i) $(i = 1, \ldots, m)$, (p'_i, q'_i) $(i = 1, \ldots, m')$, où elle se comporte comme $u\ (p, q)$. La détermination de φ ne présente pas de difficultés sérieuses. Posons

$$u(p, q) = \varphi(p, q) + \mathrm{U}(p, q). \tag{6}$$

Alors

$$\Delta_2 \mathrm{U} + \beta = k e^{\varphi} e^{\mathrm{U}} = \mathrm{K} e^{\mathrm{U}}. \tag{7}$$

La fonction K est continue sur T, sauf aux points (p_i, q_i), (p'_i, q'_i). De plus, on a

$$0 < \mu_1 < \frac{\beta}{\mathrm{K}} < \mu_2 \qquad (\mu_1, \mu_2 = \text{const. finies}). \tag{8}$$

On retombe sur l'équation (7) en cherchant le minimum de l'intégrale

$$\mathrm{I} = \iint_T (\Delta_1 \mathrm{U} - 2\beta \mathrm{U} + 2\mathrm{K}e^{\mathrm{U}})\, d\omega. \tag{9}$$

On voit facilement que

$$\min.(2\mathrm{K}e^{\mathrm{U}} - 2\beta\mathrm{U}) = 2\beta\left(1 - \log\frac{\beta}{\mathrm{K}}\right) > 2\beta(1 - \log\mu_2). \tag{10}$$

Donc, I est bornée inférieurement. Soit d la limite inférieure de l'intégrale I pour toutes les fonctions continues avec leurs dérivées des deux premiers ordres sur T et $Z_n(p, q)$ $(n = 1, 2, \ldots)$ une suite minimisante. *La détermination effective, même explicite de d et de* $Z_n(p, q)$ $(n = 1, 2, \ldots)$ *ne présente aucune difficulté*. On peut utiliser, par exemple, un procédé connu de Ritz. Ce qui est essentiel pour notre méthode c'est *qu'on peut supposer*

$$(11) \qquad |Z_n(p, q)| \leqq H, \qquad H = |\log \mu_1| + |\log \mu_2|.$$

Soit

$$(12) \qquad F(Z) = e^z - \frac{\beta}{K} Z.$$

On a

$$(13) \qquad \frac{dF}{dZ} > 0, \qquad Z > \log \frac{\beta}{K}, \qquad \frac{dF}{dZ} < 0, \qquad Z < \log \frac{\beta}{K};$$

donc, certainement,

$$(14) \quad \frac{dF}{dZ} > 0, \quad Z > H, \quad \frac{dF}{dZ} < 0, \quad Z < -H, \quad Ke^Z - \beta Z \geqq Ke^H - \beta H, \quad |Z| \geqq H.$$

Dans tous les cas où $Z_n(p, q) > H$, on peut diminuer I en remplaçant $Z_n(p, q)$ par H.

Soit $\varphi_i(p, q)$ $(i = 1, 2, \ldots)$ le système orthogonal, normé des fonctions fondamentales continues sur T et vérifiant l'équation $\Delta_2 u + \lambda u = 0$. Posons

$$(15) \qquad Z_n(p, q) = \frac{Z_{0n}}{\sqrt{\tau}} + \sum_i^{1\ldots\infty} \frac{Z_{in}}{\sqrt{\lambda_i}} \varphi_i(p, q) \qquad (\tau = \text{l'aire totale de T}).$$

On a

$$(16) \qquad \lim_{n=\infty} \int\int_T [\Delta_1 Z_n + 2K e^{Z_n} - 2\beta Z_n]\, d\omega = d;$$

donc, d'après (11) et (15),

$$(17) \quad \sum_i^{1\ldots\infty} z_{in}^2 < d_0 \quad (n = 1, 2, \ldots); \qquad |z_{in}| < \sqrt{d_0} \quad (i, n = 1, 2, \ldots)\ (d_0 = \text{const. finie}).$$

On a de plus

$$(18) \qquad |z_{0n}| = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \left| \int\int_T z_n\, d\omega \right| < H\sqrt{\tau} \quad (n = 1, 2, \ldots).$$

Donc, de la suite Z_n, on peut extraire une suite

$$\text{(19)} \qquad V_n(p, q) = \frac{v_{0n}}{\sqrt{\tau}} + \sum_i^{1\ldots\infty} \frac{v_{in}}{\sqrt{\lambda_i}} \varphi_i(p, q),$$

telle que

$$\text{(20)} \qquad \lim_{n=\infty} v_{in} = v_i \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots)$$

existe. On démontre, par des raisonnements analogues à ceux de ma Note citée, que $v_i (i = 0, 1, \ldots)$ sont les coefficients de Fourier de

$$\text{(21)} \quad W(p_0, q_0) = \frac{v_0}{\sqrt{\tau}} - \frac{1}{2\pi} \lim_{n=\infty} \int\int_T G(p_0, q_0; p, q)[K(p, q)e^{V_n(p,q)} - \beta(p, q)]\, d\omega,$$

G désignant la fonction de Green, continue sur T sauf au point (p_0, q_0) où elle devient infinie comme $-\frac{1}{2}\log[(p-p_0)^2 + (q-q_0)^2]$ et vérifiant l'équation $\Delta_2 G = \frac{2\pi}{\tau}$. La fonction W est *bornée*, continue sur T, sauf peut-être aux points (p'_i, q'_i); $W + v = u$ est la solution de l'équation (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un groupe de transformations birationnelles.* Note de M. **Georges Giraud**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons les transformations birationnelles rencontrées par Hermite dans la transformation des fonctions abéliennes [1]. Nous supprimons la condition imposée aux coefficients d'être entiers, nous les supposons seulement réels, et nous prenons le nombre k d'Hermite égal à *un*. Dans tout ce qui suivra, nous appellerons « point de l'espace à six dimensions » l'ensemble de cinq nombres complexes x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, non nuls ensemble, liés par la relation

$$x_1 x_5 + x_2 x_4 + x_3^2 = 0.$$

Si x_1 n'est pas nul, nous dirons que le point est à distance finie et a pour coordonnées non homogènes

$$g = -\frac{x_2}{x_1}, \qquad h = \frac{x_3}{x_1}, \qquad g' = \frac{x_4}{x_1};$$

[1] Hermite, *Sur la théorie de la transformation des fonctions abéliennes* (*Œuvres*, t. I, p. 444).

on a alors

$$gg' - h^2 = \frac{x_5}{x_1}.$$

Les formules de transformation pour x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 sont linéaires et homogènes.

Cette transformation donne lieu à l'identité

$$X_1X_5 + X_2X_4 + X_3^2 = x_1x_5 + x_2x_4 + x_3^2.$$

Donc aussi

$$X_1X_{50} + X_{10}X_5 + X_2X_{40} + X_{20}X_4 + 2X_3X_{30} = x_1x_{50} + x_{10}x_5 + x_2x_{40} + x_{20}x_4 + 2x_3x_{30},$$

en appelant d'une façon générale m_{i0} le conjugué de m_i. De là se conclut aisément que les six domaines ou variétés suivants sont invariants par nos transformations :

1. $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 > 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' > 0$; 2. $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 = 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' > 0$;
3. $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 < 0$; 4. $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^3 = 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' < 0$;
5. $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 > 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' < 0$; 6. $\mathcal{G} = \mathcal{H} = \mathcal{G}' = 0$.

Un point d'un de ces domaines peut être transformé en un autre point quelconque du même domaine.

En cherchant à trouver une transformée $S'^{-1}SS'$ aussi simple que possible d'une transformation S donnée, on parvient, suivant la nature des racines d'une certaine équation réciproque du quatrième degré, à trente formes canoniques distinctes, donnant naissance à vingt-deux sortes de groupes cycliques. Cette étude permet, en particulier, d'avoir des renseignements sur les points doubles, leur nombre, leur place dans les six domaines invariants.

Les variétés à cinq dimensions invariantes par les substitutions de point double $g = g' = i$, $h = 0$, et dont l'équation s'obtient en égalant à *zéro* une forme quadratique à indéterminées conjuguées en x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, sont les suivantes :

$$\begin{aligned}&(\alpha + 2\beta + \gamma)(x_1x_{10} + x_2x_{20} + x_4x_{40} + x_5x_{50})\\ &+ (-\alpha + 2\beta - \gamma)(x_1x_{50} + x_{10}x_5 + x_2x_{40} + x_{20}x_4) + 8\beta x_3x_{30}\\ &+ i(-\alpha + \gamma)(-x_1x_{20} + x_{10}x_2 + x_1x_{40} - x_{10}x_4 - x_2x_{50} + x_{20}x_5 + x_4x_{50} - x_{40}x_5) = 0,\end{aligned}$$

α, β, γ étant des paramètres variables. De cette famille, nous en extrayons une autre ne contenant plus qu'un paramètre non homogène en posant

$$\frac{\alpha + 2\beta + \gamma}{k} = \frac{-\alpha + \gamma}{l} = \lambda,$$
$$-\alpha + 2\beta - \gamma = \mu,$$

λ et μ étant les nouveaux paramètres homogènes; k et l sont des nombres réels arbitraires. Ceci permet d'étendre à nos transformations la méthode du rayonnement pour la formation du polygone fondamental d'un groupe fuchsien discontinu.

On peut démontrer, à l'aide de ces variétés et de l'intégrale

$$\iiiint\!\!\iint \frac{d\mathcal{G}_0\, d\mathcal{G}\, d\mathcal{H}_0\, d\mathcal{H}\, d\mathcal{G}'_0\, d\mathcal{G}'}{(\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2)^3},$$

invariante par le groupe, que les transformés par un groupe discontinu d'un point du domaine $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 > 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' > 0$, n'ont pas de point d'accumulation dans ce domaine. Ceci n'arrive pas pour $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 < 0$.

Considérons en particulier le groupe arithmétique, c'est-à-dire le groupe des transformations à coefficients a_i, b_i, c_i, d_i entiers; les coefficients de la transformation subie par x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 sont alors aussi entiers et réciproquement. On peut trouver le polyèdre fondamental, mais ici il semble plus simple d'en avoir un autre que celui que donnerait la méthode du rayonnement; celle-ci est pourtant utile dans la recherche; les inégalités suivantes définissent ce polyèdre pour le domaine $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 > 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' > 0$

$$|\mathcal{G}_0| < \frac{1}{2}, \quad |\mathcal{G}'_0| < \frac{1}{2}, \quad |\mathcal{H}_0| < \frac{1}{2}, \quad 0 < 2\mathcal{H} < \mathcal{G} < \mathcal{G}',$$
$$|\alpha_1 - \alpha_2 g + 2\alpha_3 h + \alpha_4 g' + \alpha_5(gg' - h^2)|^2 > 1,$$

α_1, α_2, α_3, α_4, α_5 désignant tous les systèmes de nombres entiers premiers entre eux satisfaisant aux deux conditions

$$\alpha_1\alpha_5 + \alpha_2\alpha_4 + \alpha_3^2 = 0, \qquad (\alpha_1 - \alpha_5)^2 + (\alpha_2 - \alpha_4)^2 = \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + 2\alpha_3^2 + \alpha_4^2 + \alpha_5^2 \leqq 17.$$

Les substitutions fondamentales se trouvent directement; ce sont :

$$\begin{Bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{Bmatrix}.$$

Des fonctions invariantes par un groupe discontinu peuvent être formées facilement en remarquant que la transformation

$$x = \frac{1}{g + i}, \qquad y = \frac{1}{g' + i}, \qquad z = \frac{1}{g + g' + 2h + i},$$

ramène le domaine $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 > 0$, $\mathcal{G} + \mathcal{G}' > 0$ entièrement à distance finie. Ces fonctions n'ont pas de singularité essentielle dans ce domaine, mais en ont dans le domaine $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 < 0$, où elles peuvent même ne pas exister. L'existence dans le groupe de certaines substitutions entraîne que ces fonctions soient, pour certains points de $\mathcal{G}\mathcal{G}' - \mathcal{H}^2 = 0$, fonctions analytiques de certaines variables ne dépendant que du groupe considéré.

On obtient des groupes *discontinus* analogues au groupe arithmétique en considérant les transformations en elles-mêmes à coefficients entiers de formes quadratiques à cinq variables du type $u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 - u_4^2 - u_5^2$, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 étant des formes linéaires réelles distinctes.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les invariants des variétés algébriques à trois dimensions.* Note de M. **Alfred Rosenblatt**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons une variété algébrique à trois dimensions V_3 et supposons son genre géométrique au moins égal à 3. Supposons de plus les surfaces canoniques irréductibles, sans parties fixes et se coupant trois à trois en des points variables, ce qui exclut qu'elles puissent être composées par les surfaces d'un faisceau ou formées chacune par ∞^1 courbes d'une congruence. Les inégalités que j'avais établies entre les genres p_g, p_a, p (¹) d'une surface algébrique qui n'appartient pas à des classes spéciales qu'on étudie séparément, vont nous permettre de déduire des inégalités importantes entre les invariants de notre variété.

Soient P_g, P_a les genres géométrique et arithmétique de V_3, p_g, p_a, les genres géométriques et arithmétiques virtuels d'une surface canonique F de V_3, donc $p_g - p_a = d$ l'irrégularité superficielle de V_3. Soient ensuite A_0, A_1 le degré et le genre virtuels d'une courbe caractéristique C du système canonique linéaire $|F|$ de V_3, et $p^{(1)}$, $p^{(2)}$ les genre et

(¹) Voir mes Notes des *Comptes rendus* du 3 juin 1912, du 6 janvier 1913 et du 27 janvier 1913. J'ai exposé mes recherches dans les *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. XXXV, 1913 : dans un travail inséré dans les *Prace matematycznofizyczne*, t. XXVI, 1913, *Sur les surfaces algébriques qui possèdent un faisceau irrationnel de courbes hyperelliptiques de genre deux*, ainsi que dans un Mémoire : *Sur certaines classes de surfaces algébriques irrégulières et sur les transformations birationnelles de ces surfaces deux en elles-mêmes*, dans le *Bulletin de l'Académie de Cracovie*, juillet 1912. Je remarque que certaines recherches de ce Mémoire sont développées plus en détail dans les *Rozprawy* (Mémoires) de cette Académie, t. LII, série A, 1913 (en polonais).

degré virtuels d'une courbe canonique de V_3. On a alors d'abord les relations

(1) $$p^{(1)} = 2A_1 + A_0 - 1, \qquad p^{(2)} = 4A_0,$$

donc

(2) $$3A_0 = 2A_1 - 2, \qquad p^{(1)} = 4A_0 + 1.$$

Sur les courbes caractéristiques C, on a une série linéaire spéciale découpée par les surfaces canoniques F. Il s'ensuit qu'on a les inégalités

(3) $$A_0 \geqq 2(P_g - 3), \qquad A_1 = 1 \geqq 3(P_g - 3).$$

On a ainsi les inégalités bien comprises

(4) $$p^{(1)} \geqq 2p_g - 3, \qquad p_g \geqq p_a,$$

ainsi que celle que j'ai établie

(5) $$p_g \leqq 2p_a + 4,$$

ainsi que l'inégalité suivante, qui résulte de la formule de M. Picard :

(6) $$p^{(1)} \leqq 8p_a + 4p_g + 8.$$

Il résulte de (2), (4) et (6) qu'on a certainement

(7) $$2A_0 \geqq p_a - 2$$

et

(8) $$A_0 \leqq 2p_a + p_g + 1.$$

Or M. Severi a établi entre les invariants P_a, A_0, A_1, p_a la formule fondamentale

(9) $$2P_a = A_0 - A_1 + p_a + 4.$$

Il résulte alors de cette formule et des inégalités et égalités précédentes

(10) $$P_a \leqq \frac{p_a}{2} - \frac{p_g}{8} + \frac{7}{4}, \qquad P_a \geqq -\frac{p_g - 5}{4}.$$

Les formules (3) nous donnent d'autre part l'inégalité

(11) $$P_g \leqq p_a + \frac{p_g}{2} + \frac{7}{2},$$

donc

(12) $$P_g - P_a \leqq p_a + \frac{3}{4}p_g + \frac{9}{4}.$$

L'inégalité (5) nous donne *a fortiori*

$$P_g \leqq 2p_a + 6, \tag{13}$$

$$P_a \leqq \frac{3}{8}p_a + \frac{7}{4}, \qquad P_a \geqq -\frac{p_a}{2}, \tag{14}$$

$$P_g - P_a \leqq \frac{5}{2}p_a + 5. \tag{15}$$

Remarquons qu'on peut préciser de beaucoup ces formules, si l'on étudie de plus près la série linéaire caractéristique des courbes C.

M. Comessati a dernièrement employé la méthode de M. Castelnuovo pour trouver des intéressantes conditions d'existence de faisceaux irrationnels de surfaces et de congruences irrégulières de courbes sur les V_3. On peut préciser de beaucoup ses résultats, comme je l'ai fait pour ceux de M. Castelnuovo, et, d'autre part, les formules établies plus haut conduisent à des résultats très intéressants concernant ces variétés, que je me propose de publier dans un autre travail.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les intégrales communes à plusieurs problèmes de Mécanique.* Note de M. **Jules Drach**, présentée par M. Appell.

I. En cherchant à appliquer ma théorie de la rationalité (*intégration logique*) aux équations différentielles de la Mécanique, j'ai été conduit à reprendre une question qui a été l'objet d'un Mémoire de Joseph Bertrand (*Journal de Liouville*, 1852) : Si l'on se borne à l'étude du mouvement d'un point, *dans le cas où les projections de la force ne dépendent que des coordonnées*, l'illustre géomètre observe qu'une intégrale première

$$\alpha = \alpha(x, y, z, x', y', z', t), \tag{1}$$

de séquations du mouvement

$$x'' = X, \qquad y'' = Y, \qquad z'' = Z, \tag{2}$$

détermine en général X, Y, Z; il y a exception pour certaines catégories d'intégrales (l'intégrale des aires par exemple) qui ne conduisent qu'à une ou deux relations entre X, Y, Z et qu'il y aurait grand intérêt à connaître. Joseph Bertrand en a signalé quelques-unes des plus remarquables [1];

---

[1] Elles sont affectées de la lettre B dans les formules qui suivent.

j'ai réussi à les obtenir toutes : leur détermination est l'objet d'un travail étendu qui sera publié ailleurs, et dont je communique ici les résultats principaux.

M. Appell [1] a montré qu'un système tel que (2) garde sa forme quand on exécute sur x, y, z une transformation projective

$$x = \frac{A}{D}, \qquad y = \frac{B}{D}, \qquad z = \frac{C}{D},$$

où A, B, C, D sont linéaires en x, y, z, à condition de prendre pour nouveau temps : $dt_1 = dt D^2$; une transformation de M. Appell changera donc une de nos intégrales en une autre qui n'en sera pas essentiellement distincte. On peut aussi multiplier le temps par une constante.

a. Dans le plan (x, y) on a les deux classes

(B) $$\alpha = (xy' - yx')^2 + 2\varphi\left(\frac{y}{x}\right),$$

(B) $$\alpha = -t + xy' - yx';$$

elles se déduisent par la transformation de M. Appell de l'intégrale du système :

$$x'' = X(x), \qquad y'' = Y(x, y),$$

qui ne dépend que de x, x', ou de x' et t pour X constant.

b. Sur une surface (c'est-à-dire pour un mouvement quelconque à deux paramètres), si nous écrivons les équations de Lagrange

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial u'}\right) - \frac{\partial T}{\partial u} = Q_u, \qquad \ldots,$$

on a seulement les cas suivants :

1° $2T = u'^2 + U v'^2$ (surface applicable sur une surface de révolution) avec

(B) $$\alpha = U^2 v'^2 + F(v),$$

ou bien

$$\alpha = -t + kUv';$$

2° $2T = v'^2 + \dfrac{u'^2}{au + V}$, a constant, V fonction de v seul, avec

$$\alpha = -t + \frac{2(au + V)}{au'},$$

ou bien

$$\alpha = -t + \text{arc tang}\,\frac{2(au + V)}{au'};$$

ou bien encore

$$\alpha = -t + \frac{1}{a}\log\frac{au' + 2(au + V)}{au' - 2(au + V)}.$$

[1] *Comptes rendus*, t. **108**, p. 224, et *American Journal*, t. XII, 1890.

Le rôle joué dans les expressions précédentes par $\frac{\partial T}{\partial u'}$ conduit aisément à des solutions étendues pour le problème correspondant à 3 paramètres, où l'on peut toujours supposer

$$2T = Au'^2 + Bv'^2 + Cw'^2.$$

c. Pour l'espace (x, y, z), les intégrales α qui donnent une seule relation entre x, y, z sont

$$\text{(B)} \qquad \begin{gathered} \alpha = xy' - yx' + kz', \\ \alpha = -t + a(xy' - yx') + bz', \end{gathered}$$

et celles qui se déduisent des cas correspondants à une et deux variables par la transformation de M. Appell; les intégrales qui entraînent deux relations s'obtiennent en remplaçant dans une intégrale

$$\alpha = \alpha(l, m, l', m', t),$$

des équations

$$l'' = L(l, m), \qquad m'' = M(l, m),$$

l par $\frac{x}{z}$, m par $\frac{y}{z}$, l' par $xz' - zx'$, m' par $yz' - zy'$ et t par tz^2, c'est-à-dire en exécutant une transformation projective particulière. En dehors de ces cas généraux, on a, pour les intégrales indépendantes de t,

$$\alpha = \Phi_2(x', y', xy' - yx') + f(x, y),$$
$$\alpha = \Phi_2(xy' - yx', z') + f\left(\frac{y}{x}, z\right),$$

où Φ_2 est une fonction du second degré et f une fonction arbitraire, et, pour les autres,

$$\alpha = -t + ax' + by' + cz' + k \operatorname{arc\,tang}(Ax' + By' + Cz'),$$

où $a = \xi + qz - ry, \ldots, \xi, \eta, \zeta, p, q, r$ désignant des constantes; k est une constante et A, B, C sont des fonctions de x, y, z telles que

$$\frac{dA\,dx + dB\,dy + dC\,dz}{(A\,dx + B\,dy + C\,dz)^2} = \sigma(x, y, z).$$

Le cas où $A\,dx + B\,dy + C\,dz$ est de la forme $dv - w\,du$ exige que A, B, C aient des expressions analogues à a, b, c et ne convient pas. Si $A\,dx + B\,dy + C\,dz = du$, on peut prendre $u = \varphi(x)$; enfin, si $A\,dx + B\,dy + C\,dz = w\,du$, on pourra supposer $C = 0$, A, B dépendant de x, y seuls et donnés par

$$-\frac{1}{A} = \frac{\partial \omega}{\partial y}, \qquad -\frac{1}{B} = \frac{\partial \omega}{\partial x},$$

avec

$$y + xf(\omega) + g(\omega) = 0.$$

Enfin, dans l'expression précédente, l'arc tangente peut être, comme plus haut, remplacé par un logarithme.

II. Dans le domaine de la Mécanique, on peut étendre ces résultats en sup-

posant x, y, z fonctions de x, y, z et t; le cas où x, y, z dépendraient seulement de x', y', z' conduit à des conclusions faciles. Mais il est bien clair que des recherches analogues peuvent être faites toutes les fois qu'une équation linéaire aux dérivées partielles contient certaines des variables sous forme rationnelle, les autres étant engagées dans des signes fonctionnels qui peuvent faire partie d'un domaine de rationalité quelconque. Les équations

$$y'' = A(x, y)y'^3 + \ldots, \qquad y' = A(x)y^3 + \ldots;$$

en donnent des exemples simples, la détermination des géodésiques en partant de l'équation $pq = \lambda(x, y)$ en est un autre.

Dans tous ces cas, bien qu'il n'y ait pas en général réduction du groupe de rationalité, on peut affirmer que *dans tous les cas de réduction, les invariants dont l'expression appartiendra au domaine de rationalité* [déterminé par $y', x, y, A, \ldots$; (ou par q, λ, x, y)] *seront rationnels en* y' (ou en q). Il ne restera donc à déterminer, pour chacun de ces cas, qu'un nombre limité de fonctions de x, y seuls et l'on a pour cela un système dont la compatibilité donnera les conditions à remplir pour les $A, \ldots$ (ou λ), c'est-à-dire *fixera le domaine de rationalité où les réductions peuvent se faire.* Ceci explique en particulier le succès des recherches de Bour, O. Bonnet, Maurice Levy sur les géodésiques.

OPTIQUE. — *Influence de la grosseur des particules sur les propriétés électro- et magnéto-optiques d'une liqueur mixte.* Note de MM. **A. Cotton**, **H. Mouton** et **P. Drapier**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note précédente (¹) nous avons indiqué les propriétés optiques prises par une liqueur mixte soumise à l'action simultanée d'un champ magnétique et d'un champ électrique. Ces expériences étaient en cours d'exécution lorsque le regretté physicien Pockels a publié sur cette question un travail théorique intéressant (²). La conclusion de Pockels était que la méthode d'étude des symétries que nous nous proposions d'appliquer, devait réussir dans le cas des liqueurs mixtes renfermant des particules relativement grosses, mais que les résultats devaient être de moins en moins nets à mesure que les particules deviendraient plus petites, et que la méthode serait inapplicable (avec les moyens actuels) dans le cas des

(¹) *Comptes rendus*, t. 157, 1ᵉʳ décembre 1913, p. 1063.
(²) Pockels, *Le Radium*, t. X, mai 1913, p. 152.

molécules elles-mêmes des liquides purs. Nous avons cherché, dans les expériences que nous allons résumer, à voir si la conclusion de Pockels se vérifiait : nous avons encore employé pour cela des liqueurs mixtes faites de benzoate de calcium et d'aniline, mais en faisant varier la grosseur des particules.

Nous avons préparé nos liqueurs en agitant avec l'aniline la poudre cristalline (par exemple $0^g,2$ dans 50^{cm^3}) et en abandonnant le tout au repos. Bientôt le plus grand nombre des particules et surtout les plus grosses tombent au fond du flacon et y forment un dépôt le plus souvent adhérent. C'est le liquide limpide qui surnage qu'on prélève par décantation (1), après un repos plus ou moins long, pour en remplir la cuve servant aux expériences.

On obtient ainsi des liqueurs, non seulement plus ou moins riches, mais renfermant des grains qui en moyenne sont plus ou moins gros. Le champ magnétique seul fournit un premier moyen de classer les diverses liqueurs d'après ces dimensions des particules : la biréfringence magnétique d'une liqueur mixte tend plus ou moins rapidement vers une *saturation*. Cette saturation est beaucoup plus vite atteinte avec les liqueurs mixtes à grosses particules pour lesquelles les mouvements browniens ont une importance relative moindre.

Un autre procédé de classification que nous avons employé concurremment consiste à suivre la vitesse avec laquelle la biréfringence magnétique s'établit ou disparaît lorsqu'on crée ou lorsqu'on supprime le champ magnétique. Dans les deux cas, ces vitesses sont accessibles à l'expérience, mais les mesures sont plus faciles et plus sûres lorsqu'on observe les effets de la suppression du champ. En notant alors, en fonction des temps, une série de valeurs décroissantes de la biréfringence résiduelle, on peut construire une courbe parfaitement régulière. L'examen de telles courbes de *relaxation* (2) conduit à des résultats d'accord avec les prévisions :

(1) Nous aurions voulu nous servir de la centrifugation pour séparer méthodiquement les granules d'après leurs dimensions. Nous avons rencontré la difficulté que Perrin n'avait pu surmonter que par un choix convenable du liquide : les particules ont *floculé* en formant des amas visibles par transparence au microscope.

(2) Ces courbes de retour au zéro sont en effet analogues à celles désignées sous ce nom par divers physiciens, de Metz en particulier, qui ont suivi la disparition graduelle de la biréfringence acquise par certains liquides sous des actions mécaniques ou électriques. Ces liquides (vernis, etc.) renferment précisément des particules en suspension et la même théorie est sans doute applicable à ces divers cas. Il serait utile, pour vérifier la théorie du retour au zéro, d'obtenir des liqueurs renfermant des particules toutes de même taille.

le retour au zéro est d'autant plus rapide que les particules sont plus petites.

Étant ainsi en possession de moyens de classer les diverses liqueurs d'après la grosseur moyenne des particules, nous avons repris les expériences décrites dans notre Note précédente sur la superposition des deux champs. Nous avons constaté nettement *que les écarts avec la loi d'additivité, que nous avons signalés, sont d'autant plus marqués que les particules sont plus grosses.*

Prenons comme exemple l'effet d'un champ électrique longitudinal et comparons deux liqueurs différentes. La première est à grosses particules; son retour au zéro, particulièrement lent, peut être suivi pendant plus de 9 minutes; le rapport de la biréfringence résiduelle au bout d'une minute à la biréfringence initiale est $\frac{\beta_1}{\beta_0} = 0,49$: avec cette liqueur on trouve $\frac{\beta_{em}}{\beta_m} = 0,72$. La seconde liqueur renferme des particules ultramicroscopiques beaucoup plus petites, la biréfringence résiduelle est insensible au bout de 2 minutes $\frac{\beta_1}{\beta_0} = 0,02$ seulement : or, cette liqueur dans des champs très voisins de ceux employés pour la précédente donne $\frac{\beta_{em}}{\beta_m} = 0,95$. Avec cette liqueur à fines particules, la saturation n'était pas atteinte dans le champ magnétique employé (4000 gauss). Si l'on augmente ce champ en le portant à 12000 gauss, β_m augmente et en même temps le rapport $\frac{\beta_{em}}{\beta_m}$ s'écarte davantage de l'unité; il devient 0,88.

Les expériences faites en employant deux champs transversaux rectangulaires conduisent aux mêmes conclusions. Par exemple, une liqueur pauvre, mais à très grosses particules, remarquable par la lenteur de son retour au zéro $\left(\frac{\beta_1}{\beta_0} = 0,69\right)$, donnait pour un champ de 4000 gauss une biréfringence $\beta_m = 71'$ qui n'augmentait plus sensiblement quand on doublait le champ. Avec cette liqueur les effets optiques des deux champs sont très loin de s'ajouter : β_{em} est égal à $77'$, plus grand, par conséquent, que la valeur maxima de β_m, mais $\frac{\beta_{em}}{\beta_m + \beta_e} = 0,64$. Observons maintenant, dans les mêmes conditions, une autre liqueur pour laquelle la saturation magnétique est loin d'être atteinte pour 4000 gauss : on trouve $\frac{\beta_{em}}{\beta_m + \beta_e} = 0,75$.

Ces expériences sont d'accord avec les prévisions de Pockels, en ce sens que les effets que nous recherchions, d'autant plus nets que les champs sont plus intenses, le sont d'autant plus dans des champs donnés que les particules sont plus grosses. Mais elles montrent en outre qu'on peut les constater sans qu'on ait atteint la saturation ni pour l'un ni pour l'autre des deux champs employés. L'étude de la symétrie des particules formant une très fine poudre cristalline peut donc être faite avec des champs de

l'ordre de grandeur de ceux qui nous ont servi : il suffirait d'augmenter les dimensions de l'électro-aimant. Quant à l'étude de la symétrie des molécules elles-mêmes, on est conduit à penser qu'il faudrait augmenter beaucoup la valeur des champs employés. Pour en être certain, il faudrait vérifier sur des liquides purs, et non plus sur des liqueurs mixtes, les conclusions des calculs de Pockels : ce contrôle expérimental, lui aussi, pourrait être fait en augmentant simplement les dimensions de l'entrefer.

PHYSIQUE. — *Variation de la force électromotrice d'un élément Weston sous l'influence de la lumière ultraviolette.* Note [1] de MM. **Jean Pougnet, Émile Segol** et **Joseph Segol**, présentée par M. Ch. Moureu.

Divers auteurs et l'un de nous [2] ayant observé que les rayons ultraviolets avaient une action chimique aussi puissante que variée, il était naturel de penser à la possibilité d'une modification dans les constantes d'une pile, qui n'est, en réalité, qu'un système chimique.

Nous avons choisi la pile de Weston, parce qu'elle est très peu sensible aux variations de températures et à cause de son petit volume, qui permet aux radiations ultraviolettes d'agir dans toute l'épaisseur. Mais le verre étant opaque pour les rayons de courte longueur d'onde, nous avons fait construire un élément en quartz du même type que l'élément étalon en verre ordinaire.

Avant de la soumettre à l'action des rayons ultraviolets, la force électromotrice de notre pile a été mesurée, et elle a toujours été trouvée supérieure à celle de l'élément étalon en verre : 1,0252 volt au lieu de 1 volt.

Dans les expériences qui font l'objet de cette Note, toutes les mesures ont été faites avec un potentiomètre de Carpentier et avec la collaboration de M. Peyronnet.

Si l'on place donc l'élément Weston en quartz à 12^{cm} du brûleur d'une lampe à vapeur de mercure Cooper-Hewitt consommant 440 watts, et si l'on mesure d'instants en instants la force électromotrice, on remarque que la force électromotrice diminue progressivement et lentement jusqu'à un minimum de 1,0192 volt, après 30 minutes 10 secondes d'exposition.

(1) Présentée dans la séance du 8 décembre 1913.

(2) Jean Pougnet, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 16 décembre 1910. Congrès A. F. A. S., 1911-1912.

Le Tableau ci-dessous donne les forces électromotrices lues, les températures et les forces électromotrices corrigées d'après l'équation de correction de températures :

$$E\theta = 1,0183 - 0,000038\,(\theta - 20) - 0,00000065\,(\theta - 20)^2 \text{ volt}.$$

Dès que l'élément a été soustrait à l'action de la lumière ultraviolette, la force électromotrice remonte, pour reprendre sa valeur primitive : 1,0252 volt, en 40 minutes 20 secondes.

Tableau des températures, des forces électromotrices lues, des forces électromotrices corrigées et des temps.

Températures.	Temps d'exposition.		Forces électromotrices	
			lues.	corrigées, d'après θ.
°	min	sec	volt	
26	0	0	1,0252	1,0250
	1	30	1,0250	1,0247
27,5	2	30	1,0248	1,0245
	3	15	1,0246	1,0243
	4	15	1,0244	1,0241
29	5	25	1,0242	1,0238
	6	15	1,0240	1,0236
30,5	7	55	1,0237	1,0232
	8	55	1,0234	1,02295
32	10	10	1,0230	1,02252
	11	15	1,0227	1,0222
33	12	55	1,0224	1,0218
	14		1,0221	1,0215
34,5	16	55	1,0215	1,0209
35	17	35	1,0210	1,0204
36	19	55	1,0206	1,0200
	21	40	1,0204	1,01975
37	23	10	1,0201	1,01942
38	25	15	1,0197	1,0190
39	27	40	1,0195	1,0188
	29	5	1,0193	1,0185
40	30	10	1,0192	1,0184

Arrêt de l'expérience, ou plutôt de l'action des ultraviolets; le voltage va remonter peu à peu à sa valeur primitive.

Températures.	Temps d'exposition.		Forces électromotrices lues.	Forces électromotrices corrigées, d'après θ.
	min	sec	volt	
39°,5	31	30	1,0194	1,0186
38	33	15	1,0197	1,0189
	34	15	1,0199	1,0191
	36	05	1,0207	1,0201
36	36	45	1,0209	1,02024
	38		1,0211	1,0205
35	39		1,0213	1,0207
	40		1,0215	1,0209
34	41		1,0217	1,0211
33	42		1,0219	1,02135
	42	30	1,0220	1,0215
32	43	30	1,0221	1,0216
	45		1,0223	1,02186
	46	10	1,0225	1,0221
	47		1,0226	1,0222
30	48	5	1,0228	1,0224
	49		1,0229	1,0225
	50		1,0232	1,02282
	51	05	1,0235	1,02315
	53		1,0236	1,02327
27	54	30	1,0238	1,0235
	55	30	1,0239	1,0236
	56		1,0240	1,02374
	57	30	1,0241	1,0238
20	70	30	1,0252	1,0250

On voit que l'exposition à la lumière ultraviolette a pour effet de diminuer, d'une façon à peu près régulière, la force électromotrice, mais un peu plus lentement vers la fin.

Lorsqu'on soustrait la pile à ces radiations, la force électromotrice remonte, mais plus lentement, mettant 40 minutes 20 secondes pour reprendre le voltage qu'elle avait perdu en 30 minutes 10 secondes.

On pourrait objecter que l'action est due seulement aux variations de températures; mais on remarquera que, pour l'élément Weston, ces variations sont de l'ordre du $\frac{1}{10000}$; celles produites par l'irradiation sont plus considérables et atteignent la deuxième décimale.

Il ne nous semble pas qu'il y ait eu une action physique, action électrique proprement dite, qui se serait manifestée brusquement au début de l'expérience; il y a eu plutôt une action chimique des ultraviolets sur les compo-

sants de la pile. La lumière ultraviolette manifesterait ainsi son action réductrice en empêchant ou gênant l'action du dépolarisant. La singulière analogie des courbes de polarisation avec celle qui représenterait la marche de notre expérience vient à l'appui de notre hypothèse.

Nous nous proposons de revenir sur cette expérience et d'étudier méthodiquement les modifications chimiques qui se produisent dans la pile. Nous étendrons aussi nos observations à divers autres systèmes de piles et, en particulier, à celles qui n'exigent que des solutions peu concentrées.

Conclusions. — Les rayons de courtes longueurs d'ondes diminuent progressivement la force électromotrice d'une pile de Weston. Lorsqu'on arrête leur action, la force électromotrice remonte lentement jusqu'à sa valeur primitive. Cette action, indépendante des variations de θ, semble être un effet polarisant.

Il doit s'agir d'une action chimique momentanée sur les composants de la pile, réaction réversible dès que la lumière cesse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le fluosilicate chromique. Ses transformations. Fluosilicate fluopentaquochromique.* Note [1] de M. **A. Recoura**, présentée par M. A. Haller.

Dans un Mémoire antérieur (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1618) j'ai fait voir que le fluosilicate ferrique $(SiF^4)^3 Fe^2F^6$, quand il prend naissance en dissolution par voie de double décomposition, se scinde *immédiatement*, en perdant le tiers de son fluorure de silicium, se transformant ainsi en un autre fluorure double $(SiF^4)^2 Fe^2F^6$, dans lequel le fluorure ferrique ne retient que 2^{mol} SiF^4 au lieu de 3^{mol}. Cette incapacité qu'a le fluorure ferrique de retenir la quantité de fluorure de silicium que retiennent normalement les autres fluorures, c'est-à-dire 1^{mol} SiF^4 pour 2^{at} de fluor du fluorure, provient vraisemblablement de ce que le fluorure ferrique est un complexe, dans lequel une fraction du fluor est dissimulée, dans le cas actuel 2^{at} sur 6^{at}, de sorte que, dans son union avec le fluorure de silicium, le fluorure ferrique $[Fe^2F^2]F^4$ doit se comporter comme un fluorure à 4^{at} de fluor seulement, c'est-à-dire qu'il ne doit fixer que 2^{mol} SiF^4.

Si cette manière de voir est exacte, le fluorure double $(SiF^4)^2 Fe^2F^6$ doit être un véritable fluosilicate $(SiF^6)^2[Fe^2F^2]$, fluosilicate d'un ion

(1) Présentée dans la séance du 22 décembre 1913.

complexe fluoferrique. J'ai reconnu depuis la publication de mon travail qu'il en est bien ainsi; le chlorure de potassium, par exemple, précipite tout le fluorure de silicium à l'état de fluosilicate SiF^6K^2 et la liqueur renferme alors le composé $[Fe^2F^2]Cl^4$, dans lequel j'ai constaté que *le fluor est dissimulé*.

Cette interprétation est d'ailleurs complètement justifiée par l'étude que je vais exposer des propriétés du fluosilicate chromique $(SiF^4)^3Cr^2F^6$. Je vais faire voir que ce sel, au contraire du sel ferrique, existe; mais il a, en dissolution, une existence éphémère. Il se transforme spontanément, mais lentement, en composé vert, c'est-à-dire que le chrome entre dans un complexe, et cette transformation est accompagnée d'une perte de fluorure de silicium, c'est-à-dire de la formation d'un nouveau fluorure double de silicium et de chrome. Ici donc, il est manifeste que l'entrée d'une fraction du fluor du fluorure métallique dans un complexe a eu pour conséquence une modification correspondante dans la capacité de combinaison de ce fluorure pour le fluorure de silicium. J'ai pu retirer de la dissolution verte un sel vert solide de composition correspondante à celle du sel ferrique, c'est-à-dire $(SiF^4)^2Cr^2F^6, 10H^2O$ ou $SiF^4, CrF^3, 5H^2O$ et j'ai pu démontrer que c'est un véritable fluosilicate $SiF^6[CrF], 5H^2O$, car j'ai mis en évidence l'existence dans ce composé de l'ion SiF^6 des fluosilicates et de l'ion complexe $[CrF.Aq]$ où le fluor et le chrome sont dissimulés.

D'ailleurs, ce nouveau fluosilicate $SiF^6[CrF, 5H^2O]$ a une composition qui correspond complètement à celle de deux composés qui ont été découverts par Jörgensen, le fluosilicate chloropentammine chromique $SiF^6[CrCl, 5AzH^3]$ et le fluosilicate chloroaquotétrammine chromique $SiF^6[CrCl, H^2O, 4AzH^3]$, qui renferme un ion complexe construit sur le même plan, où un atome de chlore remplace l'atome de fluor, et les molécules d'ammoniaque remplacent, comme à l'ordinaire, totalement ou partiellement, les cinq molécules d'eau du complexe fluoré. On doit le considérer comme le *fluosilicate fluopentaquochromique*.

Voici les faits qui justifient ces conclusions. J'ai préparé la dissolution de fluosilicate chromique par double décomposition entre une dissolution de sulfate chromique violet et du fluosilicate de baryum précipité. On obtient ainsi, après 1 ou 2 heures d'agitation, une dissolution d'une belle couleur violette, qui renferme le fluosilicate normal $(SiF^4)^3Cr^2F^6$ ou $(SiF^6)^3Cr^2$, car, traitée par le chlorure de potassium, *immédiatement après sa préparation*, elle donne un précipité de $3(SiF^6K^2)$ et une dissolution renfermant 1^{mol} Cr^2Cl^6 violet. Ce fait suffit pour démontrer

l'existence du fluosilicate violet; mais on ne peut l'isoler à l'état solide par évaporation de sa dissolution, car, comme je vais le montrer, elle se transforme assez rapidement.

La dissolution violette, abandonnée à elle-même, se transforme spontanément, en prenant une couleur vert bleu, en même temps qu'elle dépose de la silice. Au bout de 5 à 10 jours, la transformation est terminée. Si l'on abandonne alors la liqueur vert bleu, séparée de la silice, dans un exsiccateur, en présence d'acide sulfurique, on obtient comme résultat de l'évaporation un solide vert à structure cristalline de composition $(SiF^4)^2Cr^2F^6, 10H^2O$ (¹) dans lequel, ainsi que je vais le montrer, 2^{at} de fluor sont dissimulés et unis au chrome à l'état d'ion complexe $[Cr^2F^2Aq]$. Le fluosilicate violet a donc éprouvé en quelques jours le dédoublement suivant :

$$(SiF^6)^3Cr^2 = SiF^4 + (SiF^6)^2[Cr^2F^2].$$

Le fluorure de silicium libéré s'est transformé, comme à l'ordinaire, au contact de l'eau, en acide fluosilicique libre et silice, qui se précipite au bout de quelques jours. Ce dédoublement du fluosilicate, qui, dans le cas du fluosilicate ferrique, est instantané, parce que le fluorure ferrique ne peut exister qu'à l'état de complexe, se produit ici progressivement, parce que le fluorure chromique ne se transforme que lentement en complexe, et l'entrée des atomes de fluor dans le complexe est accompagnée de la séparation de la quantité correspondante de fluorure de silicium.

La dissolution du nouveau fluosilicate est verte. Traitée par le chlorure de potassium, elle donne un précipité formé de 2^{mol} SiF^6K^2 et la liqueur, séparée du précipité, renferme 1^{mol} du composé $[Cr^2F^2]Cl^4$. Dans cette liqueur le fluor est dissimulé, car elle ne précipite pas par le chlorure de baryum, même en présence d'alcool. On est donc bien en droit de considérer le composé $(SiF^4)^2Cr^2F^6, 10H^2O$ comme le fluosilicate d'un ion fluochromique complexe et de lui attribuer la constitution

$$(SiF^6)^2[Cr^2F^2]\,10H^2O \quad \text{ou} \quad SiF^6[CrF, 5H^2O],$$

c'est-à-dire de le considérer comme le fluosilicate fluopentaquochromique, correspondant aux deux fluosilicates de Jörgensen.

J'ajouterai que *ce sel, qui est parfaitement stable dans l'exsiccateur, et même dans le vide*, perd du fluorure de silicium dès qu'on l'expose à l'air,

(¹) Trouvé pour 1^{at} Cr^2 : 2^{at},01 Si et 10^{mol},12 H^2O.

d'abord assez rapidement, puis de plus en plus lentement et se transforme finalement en un fluorure vert de chrome de composition $Cr^2F^6, 7H^2O$.

Je me propose de préparer, en partant de ce fluosilicate, les autres sels fluopentaquochromiques $X^2[CrF, 5H^2O]$, correspondant aux sels chloropentaquochromiques $X^2[CrCl, 5H^2O]$, dont le premier en date, le sulfate $SO^4[CrCl, 5H^2O]$, préparé par moi en 1902, a donné lieu depuis à de nombreux travaux.

Le fluosilicate d'aluminium, que j'étudie actuellement, m'a donné des résultats analogues.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du chrome, par oxydation en milieu alcalin.* Note de MM. **F. Bourion** et **A. Sénéchal**, présentée par M. Haller.

Nous avons entrepris une étude systématique de cette méthode, en raison de divergences observées dans l'analyse de la chromite [1], dans son application au dosage du chrome dans les sels chromiques et en l'absence de renseignements précis sur les conditions à réaliser pour qu'elle soit exacte.

On en connaît le principe : la solution de sel chromique, additionnée de soude, jusqu'à dissolution de l'oxyde formé, est oxydée à froid par l'eau oxygénée, dont on détruit l'excès par la chaleur; on réduit ensuite l'acide chromique en milieu sulfurique par une masse connue de sulfate ferreux dont l'excès est mesuré par le permanganate de potassium. On a le chrome par différence.

I. Nous avons d'abord contrôlé l'exactitude de la deuxième partie de cette méthode, en l'appliquant au dosage du bichromate de potassium; comme en solution concentrée, la couleur bleue du sulfate chromique gêne l'observation du virage par le permanganate, nous avons obtenu des résultats exacts en prenant pour terme de la réaction l'instant où le permanganate décolore une solution tenant seulement de 5^{mg} à 8^{mg} d'oxyde chromique par 100^{cm^3}; la solution de permanganate, de concentration du même ordre de grandeur, contenait $1^g,5$ par 1000^{cm^3}.

II. Nous avons ensuite étudié l'oxydation du sulfate chromique et de l'alun de chrome ammoniacal, puis :

---

(1) F. Bourion, *Comptes rendus*, t. 157, p. 287.

1° Nous avons d'abord constaté qu'il est nécessaire d'ajouter un excès d'eau oxygénée pour réaliser une oxydation totale; car, même en laissant pendant 20 heures en contact l'oxydant et le chromite de soude, on a une oxydation fort incomplète en utilisant la masse d'eau oxygénée exactement nécessaire; au reste, l'oxydation de $0^g,03$ d'oxyde chromique dissous dans 100^{cm^3} est encore incomplète, au point de donner lieu à un déficit de plus de 2 pour 100, lorsqu'on utilise cinq fois la quantité d'eau oxygénée calculée, en détruisant immédiatement par une ébullition prolongée l'excès de ce réactif, en présence de $0^g,0088$ d'oxyde ferrique (nous en verrons la raison).

Nous étudions le mécanisme de cette oxydation, lié probablement à l'apparition d'une teinte brune dans les premiers instants où elle se produit. On doit donc ajouter un excès considérable d'eau oxygénée pour une oxydation totale.

2° *Destruction de l'eau oxygénée.* — Il est nécessaire de détruire l'excès d'eau oxygénée qui, en milieu acide, donne de l'acide perchromique dont la transformation immédiate en sulfate chromique détermine un déficit correspondant.

a. Influence de la chaleur. — Une ébullition prolongée détruit toujours l'excès d'eau oxygénée; sa durée croît avec la dilution; c'est ainsi que dans l'oxydation de $0^g,03$ d'oxyde chromique, par une masse d'eau oxygénée contenant 110^{cm^3} d'oxygène actif, il a fallu, pour une destruction totale, 20 minutes à une dilution initiale de 215^{cm^3} et seulement 12 minutes à une dilution initiale de 130^{cm^3}.

b. Influence des alcalis. — Les alcalis agissent d'une façon relativement faible à l'ébullition sur l'eau oxygénée, car, en l'absence de chrome, nous avons constaté qu'il a fallu 50 minutes pour décomposer une masse d'eau oxygénée contenant 22^{cm^3} d'oxygène actif, à une dilution initiale de 250^{cm^3}, en présence de $\frac{1}{100}$ de molécule-gramme de soude, et, dans les mêmes conditions, nous n'avons pas eu de destruction complète par addition préalable de 5^{cm^3} d'ammoniaque à 22° B. qui s'évapore graduellement pendant l'ébullition.

c. Influence du sulfate de soude. — Sa présence favorise grandement la décomposition de l'eau oxygénée. C'est ainsi qu'en chauffant pendant 7 minutes $0^g,0325$ d'oxyde chromique à une dilution de 215^{cm^3}, oxydé par 1^{cm^3} d'eau oxygénée à 100°, on a eu :

Une destruction totale en présence de $\frac{1}{100}$ de mol.-gr. de sulfate de sodium,
Un déficit de 11,60 pour 100 en chrome de $\frac{1}{200}$ » »
Un déficit de 90,56 pour 100 en chrome de $\frac{1}{400}$ » »

Nous avons ensuite étudié l'influence des éléments de la famille du

chrome, fer, nickel, cobalt, manganèse, qui les accompagnent souvent. Les essais suivants ont été faits sur une prise contenant $0^g,0325$ d'oxyde chromique, à une dilution initiale de 215^{cm^3}, et oxydé par une masse d'eau oxygénée contenant 110^{cm^3} d'oxygène actif.

3° *Influence du fer.* — Le fer, qui est à l'état d'oxyde ferrique pendant l'oxydation, catalyse beaucoup à chaud la décomposition de l'eau oxygénée; son influence croît avec sa masse.

Il a fallu, dans un essai particulier, 12 minutes de chauffe en présence de $0^g,011$ d'oxyde ferrique et 20 minutes en son absence, pour détruire l'excès d'eau oxygénée. Sa présence ne fausse pas les résultats de l'analyse; toutefois, s'il y en a plus de $0^g,02$, une fraction insolubilisée gêne l'observation du virage par le permanganate.

4° *Influence du nickel.* — L'oxyde de nickel décompose plus énergiquement l'eau oxygénée que l'oxyde ferrique. Mais il ne tarde pas à produire une réduction de l'oxyde chromique, paraissant indépendante du temps, qui croît avec la masse de nickel et qui a donné lieu à un déficit en chrome de 9,8 pour 100 en présence de 0,024 d'oxyde. Ce déficit semble diminuer quand la masse de soude augmente.

Cette influence réductrice a pu être mise en évidence en milieu alcalin, avec le bichromate de potasse, même en l'absence d'eau oxygénée et accrue du reste par la présence de cet oxydant. Dans ces opérations, quelle que soit sa masse, l'oxyde de nickel se dissout entièrement en milieu sulfurique.

5° *Influence du cobalt.* — Il agit plus énergiquement encore que l'oxyde de nickel pour catalyser la décomposition de l'eau oxygénée, qui a lieu à froid, mais l'oxyde cobaltique formé Co^2O^3 produit des effets secondaires dont le sens varie avec sa masse et le temps de chauffe. Avec une masse d'oxyde (CoO) égale à 0,0077 le déficit en chrome a varié de 1,12 à 21,5 pour 100, la durée de chauffe croissant de 6 à 14 minutes. Avec une masse d'oxyde de $0^g,011$ on a observé un déficit en chrome de 1,6 pour 100 après 6 minutes de chauffe, alors qu'on a eu un excès de 5,7 pour 100 après 18 minutes. L'oxyde de cobalt est toujours incomplètement dissous par l'acide sulfurique.

6° *Influence du manganèse.* — En petite quantité il catalyse énergiquement la décomposition de l'eau oxygénée et ne semble pas troubler les résultats

de l'analyse, à la condition de filtrer le bioxyde formé sur l'amiante après neutralisation par l'acide sulfurique, cet oxyde oxydant le sulfate ferreux; mais avec une masse d'oxyde voisine de 8^{mg}, on a observé dans un essai particulier, après 18 minutes de chauffe, une dissolution totale de l'oxyde, en neutralisant par l'acide.

Il est vraisemblable alors que, avec le nickel, le cobalt et le manganèse, susceptibles de donner des peroxydes, la perte d'oxygène qui accompagne la dissolution dans l'acide, de ces oxydes non salifiables, entraîne la destruction correspondante d'acide chromique à l'état de sulfate. Avec le cobalt, les différences observées résultent du phénomène de réduction précédent et de l'oxydation du sel ferreux par l'oxyde cobaltique indissous.

III. En résumé, le dosage du chrome par oxydation donne des résultats exacts quand le chrome est seul ou accompagné de fer. La destruction de l'eau oxygénée en excès est grandement facilitée par la présence du sulfate de soude. La méthode est en défaut en présence de nickel, cobalt et manganèse.

MINÉRALOGIE. — *Sur les modifications de forme des cristaux de quelques corps colorés artificiellement pendant leur accroissement.* Note de M. **Paul Gaubert**, présentée par M. A. Lacroix.

Les cristaux de chlorure et bromure d'argent déposés d'une solution ammoniacale se colorent par le bleu de méthylène, le rouge Congo, l'érythrosine, etc. [W. Reinders (1)], ceux de chlorate de potassium par le rouge ponceau, le jaune de chinoline [R. Marc (2)] et d'après mes observations ceux des perchlorates de potassium et d'ammonium par le bleu de méthyle, le rouge ponceau, la tartrazine, etc. Des modifications de forme sont provoquées par le passage de la matière colorante, ajoutée à l'eau mère, dans le cristal.

L'étude du partage de la matière colorante entre le liquide et le cristal, et celle du polychroïsme acquis par ce dernier, montrent que les chlorure et

(1) W. Reinders, *Zeitsch. f. phys. Chemie*, t. LXXVII, 1911, p. 213 et 677.

(2) R. Marc, *Ibid.*, t. LXXIX, 1911, p. 71. M. Marc a aussi constaté que l'acide oxalique se colore par le bleu de méthylène. J'ai constaté que les cristaux, au lieu de s'allonger suivant l'axe *b*, se développent dans le sens perpendiculaire à ce dernier. Le mécanisme de la coloration est le même que dans le chlorate de potasse.

bromure d'argent sont colorés par le même procédé que le nitrate d'urée, l'acide phtalique ([1]), c'est-à-dire que la matière colorante se trouve dans le cristal sous le même état que dans la solution, tandis que, dans les cristaux de chlorate de potassium, des perchlorates de potassium et d'ammonium, il s'agit d'un groupement de deux espèces de cristaux ou de deux sortes de particules cristallines.

Chlorate de potassium. — Les cristaux de ce corps se colorent aussi par la tartrazine, le rouge Saint-Denis, l'écarlate de Biebrich et les modifications obtenues sont identiques. Alors que les cristaux déposés rapidement d'une eau mère pure sont, en général, très aplatis suivant la base $p(001)$ et limités par les faces $m(110)$ et $a^1(\bar{1}01)$, ceux qui sont colorés sont aciculaires ou prismatiques, très allongés suivant l'axe antéro-postérieur a. Ils montrent les faces $e^1(011)$, $p(001)$, très allongées et à leurs extrémités $m(110)$ et $a^1(\bar{1}01)$ très peu développées. Un cristal de forme ordinaire, aplati suivant la base, plongé dans un liquide et coloré continue à s'accroître mais s'entoure sur les faces m de longues aiguilles identiques aux cristaux isolés allongés suivant l'axe a, et ayant l'orientation du cristal nourri. L'ensemble a la forme d'un double peigne dont les dents sont constituées par les cristaux de nouvelle formation.

Ce qui est remarquable, c'est que les cristaux modifiés se maclent fréquemment suivant une face $m(110)$, macle n'existant pas dans les cristaux purs.

Perchlorates de potassium et d'ammonium. — Ces deux sels isomorphes se colorent par le bleu de méthyle, et cette propriété permet de distinguer facilement cette matière colorante du bleu de méthylène. On sait que les cristaux rhombiques des deux perchlorates, déposés rapidement d'une solution pure, présentent les faces $m(110)$ très développées, $a^2(102)$, $p(001)$ et $e^1(011)$, et changent facilement de faciès avec les conditions de cristallisation, par suite du développement inégal de ces faces.

Les cristaux, obtenus d'une solution contenant du bleu de méthyle ou du rouge Saint-Denis, possèdent un faciès tout à fait particulier; ils forment des lamelles très aplaties suivant la face $a^2(102)$ ([2]). Si la matière colorante est abondante, les cristaux sont aciculaires.

Comme les cristaux de chlorate de potassium, ceux du perchlorate peuvent se macler, $a^2(102)$ est la face d'association. On a donc là des cas certains où une matière étrangère à l'eau mère, passant dans le cristal, peut produire des macles, mais cette action n'a lieu que si le faciès des cristaux est modifié.

Chlorure et bromure d'argent. — Les cristaux déposés par une solution ammoniacale pure sont des octaèdres. Reinders a remarqué que les cristaux colorés par le bleu de méthyle était cristallitique.

([1]) R. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 396.

([2]) M. P. Groth (*Chemische Krystallographie*, 2e Partie, p. 173) a observé que les cristaux de perchlorate d'ammonium déposés d'une solution contenant du perchlorate de magnésium sont aplatis suivant $a^2(102)$.

D'après mes observations, ce sont des cubes lorsqu'ils sont colorés. Quand le bleu de méthylène ou même d'autres matières colorantes sont en faible quantité, on a des cubo-octaèdres dans lesquels les pyramides correspondant aux faces du cube sont seules colorées. Écrasés entre deux lames de verre, les cristaux colorés faiblement par le bleu de méthylène ou le bleu de méthyle, deviennent polychroïques et un peu biréfringents. Le polychroïsme a les caractères de celui des cristaux d'acide phtalique. Le maximum d'absorption se fait suivant n_g et les couleurs sont plus ou moins bleues (1).

Les cristaux de bromure d'argent sont beaucoup plus petits que ceux du chlorure, mais offrent, dans les mêmes conditions, toutes les modifications de ce dernier.

Il résulte des observations précédentes que les matières étrangères dissoutes dans l'eau mère et passant régulièrement dans le cristal en voie d'accroissement peuvent non seulement modifier le faciès de ce dernier, mais aussi provoquer la formation de macles, ce qui semble expliquer la fréquence des cristaux maclés suivant la même loi dans un même gisement de minéraux.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les symétries cristallines que peut révéler la diffraction des rayons Röntgen.* Note de M. G. **Friedel**, présentée par M. Pierre Termier.

Diverses choses inexactes ont été dites sur les symétries que les radiogrammes peuvent révéler dans les cristaux. C'est ainsi que Laue s'est étonné de ne pas trouver trace, sur les radiogrammes de la blende, de l'antihémiédrie de ce minéral. Le même auteur croit pouvoir découvrir dans les radiogrammes du quartz une différence entre le quartz droit et le quartz gauche. Il est aisé de voir que non seulement de telles dissymétries dans les radiogrammes n'existent pas, mais qu'on ne peut les concevoir et qu'on devait, *a priori*, s'attendre à ne pas les constater.

Dans une symétrie holoèdre, donc centrée, à tout plan de symétrie correspond un axe binaire (ou en général pair) qui lui est normal, et réciproquement. Lorsqu'on passe de l'holoédrie à une hémiédrie, de ces trois

(1) Le polychroïsme des cristaux comprimés de cérargyrite, a été constaté par von Lasaulx. F. Cornu n'est pas arrivé à l'observer, même avec les cristaux artificiels colorés par un sel de cuivre ammoniacal. Mais les sels de cuivre sont très peu polychroïques et donnent aux cristaux qu'ils colorent très peu de polychroïsme, si on les compare, à ce point de vue, au bleu de méthylène.

éléments, axe, plan et centre, deux disparaissent nécessairement ensemble. Si le plan et le centre font défaut, on a affaire à l'hémiédrie holoaxe; si ce sont l'axe et le centre, à l'antihémiédrie; si ce sont l'axe et le plan, à la parahémiédrie.

Or, imaginons deux rayons diffractés A et A′ symétriques par rapport à un plan de symétrie, dans la diffraction produite par un cristal holoèdre convenablement orienté. Ces deux rayons sont aussi bien symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe binaire normal au plan. Par contre, chacun est son propre symétrique par rapport au centre. Supposons maintenant que le cristal, au lieu d'être holoèdre, ait l'une des deux hémiédries non centrées, c'est-à-dire l'holoaxie ou l'antihémiédrie. En ce cas, il subsiste toujours, de l'holoédrie, soit l'axe binaire, soit le plan de symétrie. Cela suffit pour que les deux rayons A et A′, identiques par symétrie dans le cas de l'holoédrie, restent forcément identiques par symétrie dans le cas de l'hémiédrie. Par suite, *en aucun cas, les radiogrammes ne pourront révéler l'absence de centre*. Au contraire, s'il s'agit de la parahémiédrie, où l'axe et le plan disparaissent ensemble et où le centre subsiste seul, le rayon A reste symétrique de lui-même et non de A′. Il n'y a plus de raison pour que A et A′ soient identiques. La parahémiédrie pourra se manifester dans les radiogrammes.

Telle est la raison pour laquelle la blende fournit des radiogrammes à symétrie cubique holoèdre et le quartz des radiogrammes à symétrie ternaire holoèdre. Je dois à l'obligeance de M. de Broglie communication d'un des radiogrammes sur lesquels Laue croit apercevoir la dissymétrie holoaxe du quartz. Il a été obtenu en faisant tomber le faisceau de rayons X parallèlement à un axe binaire. La figure, pour un cristal ternaire holoèdre, doit avoir dans l'espace un axe binaire normal à la plaque photographique, c'est-à-dire, dans le plan, un centre. C'est bien exactement ce qu'on observe sur le radiogramme en question. La calcite ne donnerait pas un radiogramme ayant une autre symétrie. Il est d'ailleurs impossible de concevoir sous quelle forme (tant qu'on n'aura pas découvert dans les rayons X la polarisation circulaire ou elliptique) les radiogrammes pourraient montrer la dissymétrie holoaxe. Ce qui a été dit plus haut suffit à le démontrer.

En résumé, les seules symétries que puissent déceler les radiogrammes sont les holoédries et les parahémiédries. Le Tableau suivant indique quelle sera la symétrie mise en évidence par les radiogrammes pour chacune des trente-deux symétries cristallines.

Symétrie du cristal.	Symbole.	Symétrie des radiogrammes.
	Système cubique.	
Holoédrie	$3A^4.4A^3.6L^2.C.3\pi.6P$	Holoédrie cubique
Hémiédrie holoaxe	$3A^4.4A^3.6L^2$	Id.
Antihémiédrie	$3A^2.4A^3.6P$	Id.
Parahémiédrie	$3A^2.4A^3.C.3\pi$	Parahémiédrie cubique
Tétartoédrie	$3A^2.4A^3$	Id.
	Système sénaire.	
Holoédrie	$A^6.3L^2.3L'^2.C.\pi.3P.3P'$	Holoédrie sénaire
Hémiédrie holoaxe	$A^6.3L^2.3L'^2$	Id.
Antihémiédrie à axe sénaire	$A^6.3P.3P'$	Id.
Antihémiédrie à axe ternaire	$A^3.3L^2.\pi.3P'$	Id.
Parahémiédrie à axe sénaire	$A^6.C.\pi$	Parahémiédrie à axe sénaire
Tétartoédrie à axe sénaire	A^6	Id.
Antitétartoédrie	$A^3.\pi$	Id.
	(Pour les autres, voir *système ternaire*).	
	Système ternaire.	
Holoédrie	$A^3.3L^2.C.3P$	Holoédrie ternaire
Hémiédrie holoaxe	$A^3.3L^2$	Id.
Antihémiédrie	$A^3.3P$	Id.
Parahémiédrie	$A^3.C$	Parahémiédrie ternaire
Tétartoédrie	A^3	Id.
	Système quaternaire.	
Holoédrie	$A^4.2L^2.2L'^2.C.\pi.2P.2P'$	Holoédrie quaternaire
Hémiédrie holoaxe	$A^4.2L^2.2L'^2$	Id.
Antihémiédrie à axe quaternaire	$A^4.2P.2P'$	Id.
Antihémiédrie sphénoédrique	$A^2.2L^2.2P'$	Id.
Parahémiédrie	$A^4.C.\pi$	Parahémiédrie quaternaire
Tétartoédrie à axe quaternaire	A^4	Id.
Tétartoédrie sphénoédrique	$A^2.\varpi^2$	Id.

Symétrie du cristal.	Symbole.	Symétrie des radiogrammes.
	Système terbinaire.	
Holoédrie	$L^2.L'^2.L''^2.C.P.P'.P''$	Holoédrie terbinaire
Hémiédrie holoaxe......	$L^2.L'^2.L''^2$	Id.
Antihémiédrie	$L^2.P'.P''$	Id.
	Système binaire.	
Holoédrie...............	$L^2.C.P$	Holoédrie binaire
Hémiédrie holoaxe	L^2	Id.
Antihémiédrie	P	Id.
	Système anorthique.	
Holoédrie	C	Holoédrie anorthique
Hémiédrie...............	»	Id.

Ainsi, quelle que soit la structure, les radiogrammes ne peuvent révéler que onze symétries, savoir deux pour chacun des systèmes cubique, sénaire, ternaire et quaternaire, et une seule pour chacun des trois derniers systèmes (en réalité quatre pour le système sénaire si l'on tient compte du fait que, bien que la période soit sénaire, la répartition des molécules peut être ternaire; c'est précisément ce qui a lieu pour le quartz).

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur la transmission héréditaire de la Rouille chez la Rose trémière (Althœa rosea).* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Guignard.

Le mérite d'avoir établi la possibilité de la transmission par la graine des germes de la Rouille des Céréales, revient à M. J. Eriksson, professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Stockholm [1]. Au cours de recherches, remontant à vingt-cinq années et poursuivies sans interruption, sur les formes physiologiques et le cycle évolutif des Urédinées, ce savant a constaté l'apparition de la Rouille sur des plantes de Blé cultivées dans des chambres fermées aseptiques. Récemment, M. J. Beauverie signalait à l'Académie la fréquence de mycélium d'Urédinées dans les enveloppes des grains de Blé et insistait sur la possibilité d'une propagation de ces maladies par les semences [2].

---

[1] J. Eriksson, *Sur l'origine et la propagation de la Rouille des Céréales*, 1901-1902.

[2] J. Beauverie, *Fréquence des germes de Rouille à l'intérieur des semences de Graminées* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913).

Depuis 1903, j'ai pu vérifier, dans des cultures pédigrées de Blé, d'Orges et d'Avoines, le bien-fondé des arguments invoqués par M. J. Eriksson en ce qui concerne :

D'abord, la réceptivité plus ou moins grande de certaines lignées aux attaques de la Rouille jaune (*Puccinia graminis*) et aussi du charbon (*Ustilago* divers);

En second lieu, l'époque d'infection apparente, liée évidemment pour chaque lignée particulière à une phase définie de la croissance.

J'ai découvert d'autre part, ce qui n'étonnera aucun pathologiste, que ces degrés de réceptivité et que ces époques d'infection varient, pour une même lignée, selon le climat et la fumure, c'est-à-dire selon les facteurs externes de l'alimentation des plantes-hôtes.

La preuve la plus nette m'a été fournie par des cultures de sortes pédigrées de Blés suédois (*Perl*, *Renodlade*, *Bore*) introduits en 1904, puis en 1906, de Svalöf (Suède) en France. Aucune d'elles n'a pu être conservée plus de deux générations, les épis rongés par la Rouille jaune étant vides. Les mêmes lignées ont été cependant représentées dans mes collections d'étude de Villacoublay (Seine-et-Oise) et de Locon (Pas-de-Calais), mais à partir d'épis obtenus, après la récolte de 1910, du laboratoire de Hohenheim (Allemagne); une acclimatation passagère dans cette dernière station a suffi à les préserver de la destruction. Or ces lignées pédigrées sont formées de la descendance uniforme d'une plante unique, non hybride.

Convaincu de la transmission de la Rouille par la semence, et aussi d'une action directe de l'alimentation des plantes sur la manifestation extérieure du parasite, j'ai cherché à mettre ces faits en évidence par des cultures en tubes stériles. Je n'ai pas encore réussi à faire ainsi apparaître les taches de Rouille sur les plantes de Blé et je connais quelques-unes des causes d'insuccès; mais j'ai vu naître les pustules de Rouille sur de jeunes plantules de Rose trémière (*Althæa rosea*) dans des conditions si spéciales que je crois pouvoir en déduire, dès maintenant, une méthode générale d'analyse des rapports entre les plantes hôtes et leurs parasites du groupe des Urédinées.

La *Puccinia Malvacearum*, parasite de la Rose trémière et de quelques autre Malvacées, a un cycle de croissance bien défini, uniforme, correspondant à une seule forme de spores; il fut étudié avec soin par M. J. Eriksson dans une Monographie publiée en 1912 (¹). Depuis 1911, mon attention est attirée par les recherches de ce savant sur cette Malvacée et je n'en ai pas trouvé de représentants qui soient totale-

(¹) J. Eriksson, *Der Malvenrost, seine Verbreitung, Natur und Entwickelungsgeschichte* (*Kung. Sv. Vet. Akad. Hand.*, t. XLVII, 1911, n° 2).

ment indemnes du parasite, malgré des recherches nombreuses en régions variées (sauf peut-être au Jardin botanique de Bruxelles, en juillet 1913).

En 1912, dans deux semis d'*Althæa rosea j'ai observé des pustules de Rouille sur la première feuille développée après l'étalement des cotylédons.* [Cf. (¹), p. 294 et *fig.* 11.]

En 1911 et en 1912, j'ai constaté que des lésions modifiant la croissance, qu'une simple transplantation, ou bien encore le développement en une station fortement éclairée, surtout au voisinage de la mer (en Bretagne), accentuent ou déterminent la manifestation externe de l'infection et je terminai une étude (²) de cette série de phénomènes par la conclusion :

Dans l'association des deux plantes (Rose trémière et Puccinie), on doit considérer la Rose trémière comme favorisée par l'abondance d'eau dans les tissus, le Champignon comme favorisé par la dessiccation des tissus.... Il est possible d'imaginer une série d'expériences de physiologie végétale qui mettraient cette dualité en évidence.

Ces expériences sont en cours depuis le mois de mai dernier et, déjà en août, j'obtenais ce résultat décisif :

L'élevage de graines stérilisées extérieurement d'*Althæa rosea* en tubes stériles contenant la solution Knop liquide ou additionnée de gélose, ne m'a donné aucune plantule pourvue de pustule de Rouille; l'addition de 5 pour 100 de glucose à la solution nutritive fait apparaître les pustules sur les cotylédons quelques jours avant leur dessiccation; l'addition de 5 pour 100 de saccharose à la solution nutritive donne des plantules plus vigoureuses, plus trapues et plus vertes, et les pustules de Rouille apparaissent sur la première feuille, à l'époque de la dessiccation. Les proportions de glucose et de saccharose ont été calculées de façon que la plantule se trouve en milieu pauvre en eau physiologique (Schimper).

Les expériences, faites avec les graines de deux lignées de Rose trémière très attaquées par la Rouille, récoltées depuis un an seulement, ont été poursuivies dans la serre de la Station de Chimie végétale de Bellevue, bien exposée à la lumière et très aérée. Il importe, je crois, de réaliser un éclairage aussi intense que possible, toujours atténué par les parois en verre des tubes de culture, pour conduire les essais au résultat indiqué plus haut.

(¹) L. Blaringhem, *L'hérédité des maladies des plantes et le Mendélisme* (*Rapports du premier Congrès international de Pathologie comparée*, t. I, 1912, p. 250-312).

(²) L. Blaringhem, *Observations sur la Rouille des Guimauves* (*Puccinia Malvacearum* Mont.) (*Bull. Soc. Bot. France*, 1912, p. 773).

BOTANIQUE. — *Sur les Fucacées du détroit de Gibraltar.* Note de M. **Sauvageau**, présentée par le Prince Bonaparte.

La subvention que l'Académie a bien voulu m'attribuer sur le fonds Bonaparte m'a permis d'étudier la distribution des Fucacées dans le détroit de Gibraltar et les côtes voisines. Malaga, où le professeur Odon de Buen, de Madrid, vient de fonder un laboratoire, a été mon centre d'excursions. J'ai visité sur la côte d'Espagne : Marbella, Algésiras, Tarifa, Cadix et sur la côte du Maroc : Tanger, Ceuta et Melilla. Les excursions eurent lieu en février, mars et avril 1913; ces Algues sont alors dans un état favorable mais l'agitation de la mer fait souvent obstacle à leur récolte. Je résume ici des résultats qui complètent ce que j'ai publié naguère sur les *Fucus* et *Cystoseira* (1); un Mémoire détaillé paraîtra ultérieurement.

Contrairement à ce que laissaient croire les récoltes de Schousboe, le *Fucus platycarpus* existe abondamment à Tanger, en exemplaires aussi beaux et aussi bien fructifiés que sur la côte de Bretagne ou de Normandie. Ceci, ajouté à ce que j'ai exposé au sujet de Ténériffe, contredit l'idée émise par M. Bornet que le *F. platycarpus* se réduit progressivement vers le Sud avant de disparaître. Néanmoins, il diminue de taille en pénétrant dans le détroit; je n'en ai vu à Ceuta que des individus épars et je ne l'ai pas rencontré à Melilla; il est fréquent dans la baie d'Algésiras, mais ne remonte pas sur la côte d'Espagne.

J'ai récolté le *Fucus vesiculosus* dans la baie de Cadix qui devient ainsi, autant que je sache, sa station la plus méridionale; cette espèce ne pénètre pas dans le détroit.

Le *Cystoseira concatenata*, grande et belle espèce flottant facilement et transportée par les courants, n'avait pas été récolté en place depuis la conquête d'Alger où il n'existe plus; on ignorait donc où il croît; or, il couvre le fond de la mer, au large de Marbella, par 10^{m} de profondeur. Le *Cyst. platyclada* Sauv., qui vit dans le golfe de Gascogne, sur le plateau de Saint-Jean-de-Luz, et n'était connu en Méditerranée que par un exemplaire algérien anciennement récolté, vit à Marbella et à Melilla; c'est donc l'une

(1) *Sur deux* Fucus *récoltés à Arcachon* (Fucus platycarpus *et* F. lutarius) (*Bull. de la Station biologique d'Arcachon*, 1908). — *A propos des* Cystoseira *de Banyuls et de Guéthary* (*Ibid.* 1912).

des rares espèces communes à l'Océan et à la Méditerranée; ceci est d'autant plus remarquable qu'elle ne peut flotter.

Le *Cyst. barbata* J. Ag. est franchement méditerranéen. Je l'ai cependant trouvé dans la baie de Cadix, rejeté, il est vrai, mais associé à des plantes vivant dans les mêmes conditions et permettant d'affirmer qu'il y croît. Il a donc traversé le détroit pour entrer dans l'Océan, comme les *Cyst. discors* et *Cyst. abrotanifolia* qui flottent aussi facilement et néanmoins sont pareillement inconnus au nord de Cadix.

Le *Cyst. ericoides* est connu dans l'Océan, de l'Angleterre jusqu'en Mauritanie. J'ai montré sa présence en Algérie où il paraissait isolé dans la Méditerranée. Or, il se retrouve dans tout le détroit et vit en exemplaires remarquablement beaux dans la baie d'Algésiras; il abonde aussi à Malaga. Je n'ai pas observé le *Cyst. mediterranea* Sauv., si abondant à Banyuls. Je n'ai pas vu non plus le *Cyst. stricta* Sauv. sur la côte d'Espagne ni dans le détroit proprement dit, mais seulement au cap Tres Forcas, près Melilla; de là il se répand sur la côte algérienne. En devenant méditerranéen, le *Cyst. ericoides* a donc conservé ses caractères dans le détroit et dans les régions peu éloignées, tandis que, plus loin, il a évolué en *Cyst. stricta* et *Cyst. mediterranea*, et plus loin encore, sur les côtes de Grèce, en *Cyst. amentacea*.

Le *Cyst. granulata*, espèce tophuleuse et vésiculifère, habite l'Océan, de l'Angleterre au golfe de Gascogne. Le *Cyst. selaginoides*, ni tophuleux, ni vésiculifère, vit en différents points de la Méditerranée, et j'en ai décrit une variété *polyœdematis* pourvue de tophules soudées à l'axe, ce qui n'existe chez aucun autre représentant du genre. Or, à Tanger, Algésiras et Ceuta, j'ai vu en abondance, au niveau inférieur à celui du *Cyst. ericoides*, une plante que je nommerai var. *gibraltarica*, munie de tophules bien caractérisés et parfois d'aérocystes; elle semble bien intermédiaire avec le *Cyst. granulata*. Il paraît même vraisemblable qu'elle représente la forme par laquelle a passé le *Cyst. granulata*, en pénétrant dans le détroit pour envahir la Méditerranée et s'y transformer en *Cyst. selaginoides*.

Bien que j'aie particulièrement cherché les deux curieuses espèces méditerranéennes *Cyst. spinosa* et *Cyst. sedoides*, je n'ai pas réussi à les rencontrer.

PHYSIOLOGIE. — *Expériences faites au mont Blanc, en* 1913, *sur l'activité musculaire spontanée aux très hautes altitudes*. Note de MM. J. Vallot et Raoul Bayeux, présentée par M. Roux.

On sait que les très hautes altitudes diminuent la puissance musculaire : la fatigue des ascensionnistes prend toujours un caractère aigu à partir de 4000^m, et elle s'accompagne de troubles respiratoires progressifs en même temps que les efforts musculaires deviennent de plus en plus pénibles.

Les accidents, parfois foudroyants, des aéronautes, surviennent le plus souvent à l'occasion de mouvements spontanés. De même, les animaux non acclimatés, tels que les chevaux et les mulets, perdent leurs forces dans les régions élevées de la Cordillère des Andes, et cette hyposthénie persiste longtemps pendant le séjour aux grandes hauteurs.

Nous avons maintes fois constaté sur nous-mêmes, à l'Observatoire du mont Blanc, l'impossibilité de prolonger certains exercices musculaires qui nous auraient causé peu de fatigue dans la plaine, par exemple : le travail des haltères, ou même certains travaux d'attention, tels que la numération des globules sanguins au microscope.

Mais autant cette fatigue insolite est facile à constater, autant sa mesure physiologique est malaisée : trop de facteurs interviennent dans sa production, surtout si l'on étudie un travail effectué au commandement comme cela se passe chez l'homme que l'on soumet à ces recherches. La fatigue de l'ascension, l'équation personnelle de résistance, le changement de nourriture qu'on adapte aux conditions de cette vie nouvelle, le froid, l'insomnie, le mal de montagne, l'excitation des facultés sensitives par l'ambiance, l'effort instinctif pour obéir au commandement des exercices, toutes ces influences mettent le sujet humain dans un état psychique spécial qui influe sur le rendement du travail.

Aussi avons-nous cherché un animal dont l'activité fût facile à mesurer et qui pût être placé, là-haut, dans des conditions de vie aussi semblables que possible à celles de la plaine. Nous avons renoncé à employer le chien et le cobaye : le premier aurait nécessité un appareillage trop volumineux et le second se refuse à tout exercice. Sur des pigeons que nous avions lancés du mont Blanc, nous avions déjà vu que le vol s'arrêtait rapidement, mais la mesure de leur fatigue nous avait été impossible. En 1913 nous avons choisi l'écureuil, dont l'activité peut être facilement évaluée en comptant le nombre de tours qu'il imprime au cylindre de sa cage dans une journée. Nous avons commencé par noter à Chamonix le travail simultané de trois de ces animaux pendant plusieurs jours; nous avons calculé la moyenne des tours de roue de chacun d'eux, puis nous avons transporté le plus vigoureux au mont Blanc, où nous l'avons mis dans des conditions de température et de nourriture semblables à celles de Chamonix. Nous avons inscrit le nombre quotidien des tours de cylindre qu'il fournissait là-haut; enfin nous l'avons redescendu dans la vallée où nous avons poursuivi pendant plusieurs jours encore les mêmes notations.

Le Tableau suivant donne les chiffres de ces expériences :

Chamonix.	Mont-Blanc.		Chamonix.	
	Dates.	Tours.	Dates.	Tours.
Du 20 août au 4 sept. Moyenne par jour : 6700 tours.	5 sept....	2200	14 sept....	1364
	6 » ...	880	15 » ...	3344
	7 » ...	1058	16 » ...	3697
	8 » ...	440	17 » ...	2991
	9 » ...	1056	18 » ...	3872
	10 » ...	880	19 » ...	5236
	11 » ...	351	20 » ...	3432
	12 » ...	529	21 » ...	5500
			22 » ...	3652
			23 » ...	7524
			24 » ...	11528
			25 » ...	1143
			26 » ...	6776
			27 » ...	5854
			28 » ...	7435
Moyennes : 6700		924		4889

Ainsi donc, un écureuil qui donnait, par jour, une moyenne de 6700 tours de roue à Chamonix n'en donna que 924 au mont Blanc et, lorsqu'il fut redescendu, il retrouva sa vigueur à tel point que, quelques jours après son retour, il produisait un travail aussi considérable qn'avant son ascension.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude des plasmas après dialyse sucrée*. Note de MM. **M. Piettre** et **A. Vila**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Communication antérieure, nous avons décrit une préparation du fibrinogène par dialyse sucrée du plasma magnésien de sang de cheval ([1]). Dans cette Note, nous nous proposons de décrire un essai méthodique de séparation des autres produits du plasma.

I. Rappelons qu'une fois le fibrinogène extrait on se trouve en présence d'une solution limpide, renfermant entre autres corps des protéines, des graisses, des lipoïdes, des savons, des pigments.

([1]) M. Piettre et A. Vila, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1182.

Le premier objet de notre travail a été de séparer, aussi complètement que possible, le groupe des protéines des substances qui les accompagnent en évitant l'emploi classique des doses massives de sels neutres.

Nous avons eu recours aux procédés suivants :

Le plasma dialysé, débarrassé du fibrinogène, est séché dans le vide sulfurique, à la température ordinaire. Le produit finement pulvérisé est épuisé par l'acétone ou l'acétone-éther. Après cet épuisement, les protéines sont déjà séparables par l'eau pure en deux fractions : l'une soluble dans l'eau, l'autre insoluble. Mais la séparation qui en résulte n'est pas satisfaisante, en raison de l'insuffisante extraction effectuée dans ces conditions.

On peut aussi traiter le liquide de dialyse par l'alcool ou par un mélange de 2^{vol} d'alcool et de 1^{vol} d'éther, mais les protéines précipitées sont encore imprégnées de cholestérine et se prêtent mal à toute séparation ultérieure.

Le traitement auquel nous recourrons de préférence est basé uniquement sur l'emploi de l'acétone pure en milieu aqueux.

La dialyse préalable du plasma a éliminé les matières minérales. Le traitement à l'acétone supprime autant que possible les matières grasses, lipoïdes, liées aux protéines. Après ces successives éliminations les protéines deviennent susceptibles de se séparer en deux importantes fractions au contact de l'eau distillée.

Le liquide résultant de la dialyse du plasma est précipité par 2^{vol} à 3^{vol} d'acétone suivant sa dilution. Dans ces conditions, l'acétone entraîne bien les corps gras et lipoïdes, la cholestérine; et le milieu reste suffisamment hydraté pour que les protéines ne soient pas modifiées dans leurs caractères essentiels.

La précipitation des protéines par l'acétone donne un dépôt de grumeaux volumineux. On filtre et on lave ce dépôt sur un entonnoir à vide en utilisant comme liquide de lavage l'acétone à 50 pour 100 d'eau; l'acétone est ensuite chassée par un rapide lavage à l'éther.

Le précipité recueilli sur l'entonnoir est broyé au mortier, mis en pâte homogène avec de l'eau, puis étendu pour revenir au volume primitif du plasma. De l'émulsion qui en résulte, on sépare par centrifugation un dépôt qui est lavé à plusieurs reprises, toujours à l'aide de la centrifugeuse Jouan. Au fond des tubes est accumulé un produit blanc grisâtre surmonté d'une liqueur légèrement colorée en jaune.

Examinons quelques-unes des propriétés générales de ces deux fractions dont nous poursuivons l'étude.

La fraction insoluble dans l'eau ne semble pas homogène; dans la plupart des cas, elle peut être scindée (surtout lorsque la dialyse sucrée n'a pas été suffisamment prolongée) en deux parties très inégales, par un traitement à l'eau salée (7 à 10 pour 100 de NaCl); l'une est formée de globulines vraies coagulables à 70°-73°, solubles dans l'eau salée; l'autre, de beaucoup la plus considérable, reste insoluble. Toutes se redissolvent par addition de

très petites quantités d'alcali ou d'eau de chaux et précipitent, de ces solutions, par les acides.

La fraction soluble dans l'eau est séparée et purifiée de la liqueur mère par précipitations répétées avec 2^{vol} d'acétone. Le précipité lavé à l'acétone, à l'éther sec, est une poudre blanche, hygroscopique, prenant à l'air humide l'aspect vitreux. La solution aqueuse de cette substance ne donne pas la réaction du biuret, ne précipite ni par les acides, ni par les alcalis, et est entièrement coagulée par la chaleur, en gros flocons blanchâtres.

Un plasma magnésien dialysé, de sang de cheval, contenant 55^{g} par litre de matière sèche, soumis à ce traitement, a donné 42 pour 100 de protéines insolubles dans l'eau et 36 pour 100 de protéines solubles.

II. Les sérums et les plasmas, non dialysés ou non débarrassés de leurs matières extractives, ne permettent aucunement cette scission. Les sels et aussi les substances extractives jouent donc un rôle considérable dans l'équilibre de ces milieux.

L'élimination des matières grasses en particulier modifie notablement les propriétés des protéines. On vient de voir que la majeure partie de la fraction insoluble dans l'eau ne possède plus la propriété des globulines de se dissoudre dans l'eau salée. Nous allons retrouver un changement analogue en soumettant au même traitement une protéine du plasma isolée avec ses propriétés typiques : le fibrinogène.

Si l'on fait subir au fibrinogène de la dialyse sucrée un des trois procédés d'extraction cités plus haut, on trouve que ses propriétés sont d'autant plus modifiées que plus grande est la perte en matières extractives. En poussant cet épuisement aussi loin que possible, deux préparations de fibrinogène nous ont permis d'isoler 3,5 et 3,7 pour 100 d'une substance grasse à réaction franchement acide. Dépourvu de cette matière, le fibrinogène présente beaucoup d'analogies avec la fraction insoluble dans l'eau de la séparation qui précède. Il n'est plus que partiellement soluble dans l'eau salée.

Conclusion. — La séparation des protéines à l'aide des sels neutres à doses massives expose à des précipitations très impures (Duclaux) et nécessite des dialyses laborieuses. En joignant à la déminéralisation, l'extraction des principes gras et lipoïdes, on parvient à séparer les protéines du sérum ou du plasma en deux groupes, différant nettement par leur caractère de solubilité dans l'eau pure.

La perte des substances extractives dans certains complexes d'albuminoïdes suffit pour modifier leurs caractères de solubilité ou de coagulation. Ces faits indiquent l'importance du rôle de ces substances dans les phénomènes biologiques.

ZOOLOGIE. — *Sur l'influence exercée par la fonction reproductrice sur les migrations des Saumons de printemps et d'été.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les récentes recherches fécondes en résultats, qu'on a entreprises en Europe et aux États-Unis sur les migrations de remonte des Salmonidés en eau douce, ont modifié de beaucoup les notions considérées autrefois comme fondées. On sait aujourd'hui que ces poissons et notamment les Saumons d'Europe (*Salmo Salar* L.) ne pondent habituellement qu'une fois au cours de leur existence; une minorité seule est capable de pondre deux ou plusieurs fois. On en est donc venu à se demander si les migrations de montée, qui paraissent entraîner à diverses époques des individus de plusieurs âges, ne seraient pas indépendantes parfois de la fonction reproductrice. Plusieurs auteurs contemporains, par exemple P.-C. Esdaile (1913), estiment même qu'aucune loi définie ne régit ce phénomène migrateur, et que les Saumons vont et viennent de la mer à l'eau douce selon des convenances personnelles, non pas collectives.

Je me suis attaché à vérifier le fait sur le Saumon de Bretagne, en m'adressant à des individus capturés au moment des montées de printemps et d'été, effectuées après l'époque de la ponte et du frai dans la région considérée. Cette dernière époque cesse, en Bretagne, vers la fin du mois de janvier. Les Saumons qui remontent ensuite, du mois de février jusqu'au plein été, ne se déplacent point, par conséquent, pour pondre ni pour féconder des œufs pondus. On pourrait donc présumer d'eux que leur remonte soit indépendante de la reproduction. La vérification de ce fait doit porter sur l'état des organes sexuels, pour juger si ceux-ci sont en repos ou en activité élaboratrice.

Mes observations ont eu lieu sur cinq exemplaires, deux mâles et trois femelles, capturés à des dates différentes, mais dans une même rivière, l'Ellé (Finistère), afin d'avoir une seule provenance et une base de comparaison.

N° 1 (6 février 1913). Mâle légèrement bécard de la mâchoire inférieure, mesurant 60^{cm} de longueur totale. — Écailles: un centre de phases juvéniles en eau douce; deux

anneaux de phases de croissance en mer, comprenant au total 45-50 lignes. Age probable depuis l'éclosion : un peu moins de 3 ans. Testicules assez volumineux, mesurant 119^{mm}-145^{mm} de longueur sur 6^{mm}-8^{mm} d'épaisseur.

N° 2 (21 février 1913). Femelle, mesurant 78^{cm} de longueur totale. — Écailles : un centre et un anneau de phases juvéniles en eau douce ; deux anneaux de phases de croissance en mer, comprenant au total 55-60 lignes. Age probable depuis l'éclosion : un peu moins de 4 ans. Ovaires assez volumineux, mesurant 92^{mm}-107^{mm} de longueur sur 18^{mm}-19^{mm} d'épaisseur, et contenant des ovules d'un diamètre de 1^{mm} à $1^{mm},2$.

N° 3 (12 avril 1913). Femelle, mesurant 77^{cm} de longueur totale. — Écailles : un centre de phases juvéniles en eau douce ; deux anneaux de phases de croissance en mer, comprenant au total 60-65 lignes. Age probable depuis l'éclosion : environ 3 ans. Ovaires volumineux, mesurant 114^{mm}-118^{mm} de longueur sur 24^{mm}-28^{mm} d'épaisseur, contenant des ovules d'un diamètre de 1^{mm} à $1^{mm},2$.

N° 4 (5 juillet 1913). Mâle, légèrement bécard de la mâchoire inférieure, mesurant 59^{cm} de longueur totale. — Écailles : un centre de phases juvéniles en eau douce; deux anneaux de phases de croissance en mer, comprenant au total 50-55 lignes. Age probable depuis l'éclosion : un peu plus de 3 ans. Testicules assez volumineux, mesurant 136^{mm} de longueur sur 6^{mm}-9^{mm} d'épaisseur.

N° 5 (5 juillet 1913) : Femelle, mesurant 71^{cm} de longueur totale. Écailles : un centre et un anneau de phases juvéniles en eau douce; deux anneaux de phases de croissance en mer, comprenant au total 60-65 lignes. Age probable depuis l'éclosion : un peu plus de 4 ans. Ovaires volumineux, mesurant 105^{mm}-110^{mm} de longueur sur 30^{mm} d'épaisseur, contenant des ovules d'un diamètre de $1^{mm},5$ à $1^{mm},8$.

Aucun de ces individus ne montrait trace, sur ses écailles, de pontes antérieures. Ils remontaient la rivière pour la première fois.

Il faut donc admettre, en ce qui concerne la rivière d'Ellé pendant l'année 1913, les conclusions suivantes, qu'il deviendra nécessaire d'étendre à d'autres cours d'eau durant plusieurs années consécutives, pour vérification et confirmation définitive :

1° Les Saumons qui remontent au printemps et en été sont de sexes et d'âges différents. Ils appartiennent à deux catégories. Les uns sont du type de ces petits individus mâles, d'un âge moyen de 3 ans, qu'on nomme *Castillons* dans le pays, qu'on désigne ailleurs par les termes de *Madeleineaux* ou de *Garbillots*, et qui correspondent aux *Grilse* des Anglais. Les autres sont des femelles de taille déjà forte, dont l'âge varie de 3 ans à un peu plus de 4 ans.

2° Les uns et les autres, malgré leur dissemblance de sexualité et d'âge, présentent une condition commune, tenant à l'état de leurs organes sexuels. Ceux-ci, testicules ou ovaires, quoique éloignés de leur maturation, sont,

de façon manifeste, en voie d'élaboration. Les organismes qui les contiennent subissent donc, dans leur milieu intérieur, les phases de métabolisme qui, chez les Saumons, se lie de façon intense à la fonction reproductrice.

3° Il est, par conséquent, une influence directrice, et une loi réglant, même en dehors de la période de ponte, la pénétration et la montée des Saumons dans les rivières. Cette influence est celle de la fonction reproductrice, qui ne s'exerce pas seulement sur les individus parvenus à l'époque de leur maturation sexuelle, mais encore sur ceux qui se trouvent seulement en état d'élaboration.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence de la tension superficielle des liquides sur l'entraînement des microbes par un courant d'air (cas du* B. prodigiosus). Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. E. Roux.

Le passage de l'air, traversant lentement un bouillon de culture de composition classique, n'entraîne aucun microbe, même après un passage de plusieurs heures. De même, j'ai observé que la distillation lente d'une semblable culture dans le vide partiel ne donnait pas lieu à un entraînement de germes. Mais les résultats sont tous différents si l'on change la nature du liquide tenant les microbes en suspension, et si, en l'espèce, on remplace le bouillon qui renferme diverses substances minérales et organiques, par une émulsion aqueuse de microbes obtenue par le délayage de quelques milligrammes de la partie superficielle d'une culture solide dans de l'eau distillée. Dans ces conditions, l'entraînement de certains microbes de dimensions très réduites, comme le *B. prodigiosus* qui a servi dans mes essais, se fait avec la plus grande facilité.

A première vue, ce résultat peut paraître d'un intérêt secondaire, mais l'étude plus approfondie de ce phénomène m'a permis de tirer d'utiles renseignements se rattachant à l'explication du transport aérien des microbes, question dont l'étude s'imposera de plus en plus à l'attention des hygiénistes. Tout d'abord, cette première constatation montre que l'entraînement des microbes, en se plaçant dans mes conditions d'expériences, est en relation avec la constitution physico-chimique, et par conséquent, avec la tension superficielle du liquide servant de support aux microbes. Cette tension superficielle exerce une influence sur la dimension des gouttelettes formées par l'éclatement de chaque bulle d'air à la surface du liquide.

Enfin, des dimensions de ces gouttelettes dépend, comme nous le verrons plus loin, la plus ou moins grande entraînabilité du microbe. Ces hypothèses découlent encore des expériences suivantes.

I. Le Tableau ci-dessous donne le nombre de colonies de *B. prodigiosus* obtenues par un passage lent de l'air (300^{cm^3} par minute) à travers 25^{cm^3} de plusieurs liquides de compositions diverses et contenant approximativement le même nombre de germes, toutes les autres conditions d'expérience étant rigoureusement semblables.

	Bouillon classique.	Émulsion aqueuse.	Émulsion aqueuse +5 p. 100 bouillon.	+50 p. 100 bouillon.	+5 p. 100 sucre.	$+\frac{1}{15000}$ Na OH.	$+\frac{1}{1500}$ alcool.	$+\frac{1}{150}$ alcool.
Colonies (par cm³).	2000	180	40	0	0	40	5400	14000

Ces résultats furent confirmés par de nombreux essais.

II. La température à laquelle se fait le barbotage exerce une influence sensible sur l'entraînabilité. Pour une même émulsion, on a trouvé les chiffres suivants correspondant à des températures différentes : à 50°, le nombre de microbes entraînés a été nul; à 40°, il a été de 300 colonies et à 25° de 700.

III. On sait, d'après les travaux de M. Langevin, que les gouttelettes d'eau dont le volume atteint environ $\frac{1}{100000}$ de millimètre cube échappent à l'action de la pesanteur : il est rationnel d'admettre qu'en cet état, si elles renferment des microbes suffisamment ténus pour être compris sous ce petit volume, elles doivent être extrêmement mobiles et entraînées par les moindres mouvements de l'air. Pour démontrer le bien-fondé de cette opinion, j'ai construit un tube de verre de 24^m de longueur plusieurs fois replié sur lui-même et présentant de nombreuses sinuosités : j'ai constaté dans les essais que le *B. prodigiosus*, entraîné d'après la technique exposée plus haut, cheminait jusqu'à l'extrémité de ce tube. Le même résultat, mais dans le sens vertical, a été obtenu en se servant d'un tube d'une hauteur de 10^m.

IV. Le passage de l'air sec ou humide tangentiellement à la surface d'un bouillon de culture ou d'une émulsion aqueuse de microbes n'enlève aucun germe. L'entraînement de l'humidité dans ce cas n'implique donc pas l'entraînement des microbes et cela, quelle que soit la variété du mode opératoire que j'ai utilisé. Ces résultats sont en parfaite concordance avec les expériences de nombreux auteurs et aussi avec ce que nous apprend la techniquejournalière.

Cette règle n'est pas en contradiction avec ma précédente Note (11 novembre) sur le transport des microbes dans l'air et dans laquelle j'ai montré que dans des cas particuliers, comme dans celui d'un support solide imprégné d'une émulsion microbienne, l'entraînement des microbes et par suite l'ensemencement à distance pouvait être réalisé par le mouvement naturel de l'air obtenu par une différence de température ([1]). L'étude que j'ai poursuivie depuis sur des supports de nature très différente, tels que tissus, papiers, bois, etc., a montré que les résultats dépendaient de la plus ou moins grande facilité du support à se laisser mouiller par l'émulsion microbienne. Dans le cas par exemple de cheveux non dégraissés, l'entraînement se fait plus facilement, l'adhérence est moindre par suite de la tendance du liquide à prendre la forme sphéroïdale. Là encore intervient la question de tension superficielle ([2]).

En résumé, on peut conclure de l'ensemble de ces expériences, en généralisant le cas du *B. prodigiosus*, que l'entraînement dans l'air de certains microbes en suspension dans l'eau exige tout d'abord une intervention mécanique provoquant une pulvérisation sur un point de la surface de ce liquide. La formation de vésicules humides favorables au transport lointain des microbes dépend, parmi plusieurs autres facteurs, de la tension superficielle du liquide. C'est en cet état que les microbes véhiculés dans un espace humide sont éminemment susceptibles de ressentir les effets des ambiances favorables ou défavorables dont j'ai fait entrevoir le rôle dans de précédents travaux.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Aptien inférieur marneux de la province de Santander.* Note de M. **L. Mengaud**, présentée par M. H. Douvillé.

L'Aptien zoogène, bien développé dans la région cantabrique, est depuis longtemps connu; en revanche, les faciès marneux, plus rares, ne me

([1]) La réussite de ces expériences d'ensemencement à distance dépend beaucoup de l'écart de température des couches d'air extrêmes. Dans les expériences décrites dans ma Note du 11 novembre, le refroidissement était obtenu par un courant d'eau glacée, l'air du récipient étant à une température de 30°.

([2]) Dans l'acte de parler, il se produit toujours une plus ou moins grande pulvérisation de salive : on sait, comme l'a démontré Flügge, que la quantité de microbes projetés est alors considérable. Au contraire, l'expérience a démontré que l'air expiré n'en contenait pas ou très peu. On peut voir là une confirmation de mes résultats d'expérience : dans les deux cas interviennent les mêmes facteurs.

paraissent pas avoir attiré beaucoup l'attention, surtout à l'ouest de Santander.

Au cours de mes recherches, j'ai rencontré des calcaires marneux et des marnes intercalés dans des calcaires urgoniens et renfermant une faune bedoulienne sur laquelle il me paraît intéressant de donner quelques indications sommaires. C'est principalement à l'ouest de Torrelavega, dans les tranchées de la mine de Reocin (Compagnie royale asturienne) que les fossiles ont été le plus abondants. Grâce à l'obligeance du Directeur, S^{r} d. J. Sitges, des ingénieurs d. J. Bretones, H. Évrard et d. C. Pondal, j'ai pu étudier la petite collection conservée dans le musée de la mine et suivre les bancs marneux qui, sur 2^{km} à 3^{km}, forment le substratum des dolomies riches en calamine, blende et galène activement exploitées.

On trouve une série de calcaires marneux durs et de marnes assez tendres pouvant atteindre une épaisseur totale de 25^{m} à 30^{m} et renfermant comme formes typiques :

Exogyra latissima Lamk sp. (*Ostrea aquila* Brongn.).
Plicatula placunea Lamk.
Douvilleiceras Tschernyschewi Sinzow, 1906.

Cette dernière espèce, figurée par Sinzow parmi les *Douvilleiceras* du Mangyschlak, est connue à la Bedoule, dans le calcaire de l'Homme d'Armes (Drôme), à la Clappe; elle appartient à l'Aptien inférieur ou *Bedoulien*. A Reocin, elle est représentée par des échantillons dont la taille varie de 3^{cm} à 43^{cm} de diamètre.

Mais le Céphalopode, peut-être le plus intéressant des couches marneuses de Reocin, est sans contredit une grande Ammonite déroulée de 60^{cm} de diamètre déterminée grâce aux très précieuses indications de M. le professeur Kilian. Elle présente les plus grandes analogies avec *Ammonitoceras Ucetiæ* E. Dumas, 1876 de l'Aptien inférieur (Bedoulien supérieur) de Montaren (Gard), dont le type est conservé au Musée d'Histoire naturelle de Nîmes et se montre quelque peu différent de la figure d'Em. Dumas. La grande Ammonite déroulée de Reocin doit donc être rattachée au genre *Ammonitoceras;* une étude ultérieure plus approfondie montrera si c'est une espèce nouvelle ou plutôt une simple variété d'*Ammonitoceras Ucetiæ* (¹) comme le croit M. Kilian.

(¹) Voir au sujet du genre *Ammonitoceras* et de ses caractères, ainsi que des espèces qu'il comprend : *Lethæa geognostica*, *Palæocretacicum*, von W. Kilian, p. 353.

Quoi qu'il en soit, les formations marneuses de Reocin, qui sont à la base des dolomies minéralisées, se classent dans le Bedoulien. On peut en dire autant des couches analogues de la mine d'Udias, à *Exogyra latissima* et *Douvilleiceras*, des marnes des environs de Puente Arce renfermant les mêmes espèces et des falaises de Cuchia, à l'est de Suances. Ces dernières m'ont livré une faune pyriteuse à *Douvilleiceras* du groupe de *D. Meyendorffi* d'Orb. sp., mais surtout *Parahoplites Deshayesi* Leym. sp. et formes voisines.

GÉOLOGIE. — *Nouvelle contribution à la Géologie de la région de hauts plateaux située au nord et principalement au nord-ouest de Bou-Denib (confins algéro-marocains du Sud).* Note de **G.-J. Painvin**, présentée par M. Pierre Termier.

La présente Note fait suite à celle qu'ont publiée, en 1912, MM. Pierre Termier et Robert Douvillé (*Comptes rendus*, t. 154, p. 1052). Les matériaux qui font l'objet de ces deux études proviennent de la région de hauts plateaux située au nord et principalement au nord-ouest de Bou-Denib. Le produit de la dernière récolte est dû aux recherches éclairées de M. Pierre, chef de service à la Compagnie Royale Asturienne; il m'a été transmis par l'intermédiaire de M. Quinson, ingénieur à la même Compagnie.

Voici les diagnoses d'ordre stratigraphique auxquelles m'a conduit l'examen des fossiles. J'ai reconnu la présence des étages suivants : Cénomanien, Aalénien et Toarcien supérieur, Toarcien inférieur et Lias moyen.

I. Cénomanien. — Le Cénomanien affleure à 10^{km} environ au nord de Bou-Denib, dans la chaîne montagneuse qui borde immédiatement au Nord la vallée de l'oued Guir; les dépôts mésocrétacés forment le couronnement de la montagne, tandis que la plaine de Snom, qui s'étend au Nord, paraît couverte d'un revêtement de calcaires d'âge surtout jurassique, qui affleurent notamment le long du défilé creusé vers le Nord-Ouest par l'oued Guir.

Le Cénomanien s'y montre avec le faciès néritique et la faune habituels qu'il présente dans les régions méridionales de Tunisie et d'Algérie, et dans le Sud-Ouest marocain : *Exogyra olisiponensis* Sharpe, *Strombus* Linné; de nombreux moules internes de Lamellibranches hétérodontes ind.

Les formes d'*Ex. olisiponensis* recueillies au Mech-Mech ont une valve droite ornementée de côtes radiantes très saillantes, ce qui en fait une variété un peu spéciale, relativement rare en Algérie et en Tunisie. Choffat a rattaché à l'espèce type de Sharpe des formes portugaises à valves droites très costulées, entièrement semblables à nos échantillons. Cette espèce caractérise en général la *partie moyenne et supérieure* du Cénomanien néritique des régions circumméditerranéennes.

Des formes de Strombes analogues à nos formes marocaines (cf. *numidus* Coq. *inornatus* d'Orb.) ont été recueillies dans le *Cénomanien surtout supérieur* du Mrhila et du Bireno (Pervinquière).

La présence du Cénomanien a été récemment reconnue sur de vastes surfaces dans toute la partie sud-ouest du Maroc, notamment dans le Djebel-Sarro : mais l'existence, à l'Est de ces dépôts, dans les hauts plateaux de la région de Bou-Denib, de Cénomanien à faciès néritique, établissant la liaison des dépôts du sud-ouest Marocain avec les affleurements méso-crétacés du sud de la province d'Oran n'avait pas encore été signalée.

II. Aalénien et Toarcien supérieur. — L'Aalénien de la région nord-ouest de Bou-Denib, si l'on en excepte la zone supérieure à *Harp. concavum* dont je n'ai pas encore reconnu la présence, paraît uniformément composé de calcaires compacts très durs, à patine jaunâtre, à cassure bleue, gris foncé ou gris clair, avec intercalations de marnes grises. La faune, surtout abondante et bien conservée dans les bancs marneux, s'y montre presque uniquement fossilisée en limonite. La prédominance des *Ammonites* dans les trois zones inférieures de cet étage, en constitue un des caractères les plus saillants.

Le Toarcien supérieur (zone à *Haugia variabilis*) paraît se rattacher à l'Aalenien par une identité de faciès.

La nature de la faune, d'une part, marquée par la prédominance des *Ammonites*, notamment des *Phylloceras* et des *Tmetoceras*, d'autre part, le caractère lithologique des sédiments (calcaires compacts avec intercalations marneuses à faune ferrugineuse) semblent permettre, en l'absence d'autres arguments, de conclure au *caractère bathyal* de ces dépôts.

1. *Aalénien*, zone *à Ludw. Murchisonæ: Ludw. Murchisonæ. Tmetoceras scissum Benecke;* zone à *Ludw. opalina : Ludw. opalina; Hamm. subinsigne.*

MM. Pierre Termier et Robert Douvillé (*loc. cit.*) ont en outre reconnu la présence de la zone inférieure à *Dum. Levesquei.*

2. *Toarcien supérieur.* — Une forme typique d'*Haugia* Buckmann (cf. *variabilis*), dont M. Haug a bien voulu me confirmer la diagnôse générique, marque la présence de la zone supérieure du Toarcien : cette forme paraît constituer une variété, sans doute

locale, de l'espèce. MM. Pierre Termier et Robert Douvillé (*loc. cit.*) avaient signalé l'existence *probable* de cet horizon.

Enfin des mêmes niveaux proviennent de nombreux moules internes en limonite de *Phylloceras* (phylum des *Triphyllites*) et des débris d'une Ammonite de grande taille qui doit être rapportée à l'*Harp. Klimakomphalum*, forme du Cap San-Vigilio, décrite et figurée pour la première fois par Vacek.

Les fossiles étudiés ont été recueillis sur la piste qui va de Rich à Nezala : ces différentes zones affleurent dans les vallées de l'Oued Tira r'Imia et de l'Oued Nezala, au sud des montages du Grand Atlas.

III. Toarcien inférieur et Lias moyen. — Le Toarcien inférieur (zône à *Harp. serpentinum* et le Lias moyen, tous deux à *faciès néritiques*, affleurent à l'ouest de Bou-Denib, dans le Djebel-Daït, près Aïn-el-Madenin. Ces deux étages se superposent sans discontinuité de faciès, et sont uniformément composés de *calcaires à entroques* et de *calcaires lumachelles* à faune très riche en Lamellibranches et en Brachiopodes, pauvre en Ammonites.

Les récoltes renferment un mélange de formes appartenant à ces deux horizons, parmi lesquelles : *Gryphaea; Pholadomya; Pleuromya; Eopecten* cf. *Velatus; Terebratula subpunctata; Rhynchonella tetraedra; Rhyn. cynocephala;* un fragment d'*Harp. serpentinum*.

Leurs affleurements s'étendent sans doute suivant une bande continue à la base de la chaîne montagneuse qui court de l'Est à l'Ouest, au nord de Bou-Denib, et se superposent aux argiles versicolores et aux gypses du Trias signalés au nord immédiat de Bou-Denib par les Notes de M. Quinson. C'est dans ces calcaires liasiques que l'oued Guir paraît s'ouvrir son lit entre le défilé de Gorane et celui du Tazzouguert : ce n'est que plus au Nord qu'il entame les calcaires de l'Aalénien et du Toarcien supérieur.

En résumé, outre les étages mentionnés par MM. Pierre Termier et Robert Douvillé, j'ai reconnu la présence du Cénomanien à faciès néritique, du Toarcien supérieur, du Toarcien inférieur et du Lias moyen; je signale le caractère *bathyal* des dépôts de l'Aalénien et du Toarcien supérieur et le caractère *néritique* des sédiments du Lias moyen et du Toarcien inférieur.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la faune échinitique des plages soulevées de la mer Rouge*. Note de M. **René Fourtau**, présentée par M. H. Douvillé.

Le 4 mai 1903, j'ai communiqué à l'Académie le résultat de mes recherches sur la faune échinitique du golfe de Suez. Dans ma Note, je citais 13 formes d'Échinides comme se rencontrant dans les dépôts du Pliocène supérieur et Pleistocène de cette région. Aujourd'hui, grâce aux actives explorations du Dr William Fraser Hume, directeur du « Geological Survey of Egypt », dans la région pétrolifère qui se trouve à l'entrée du golfe et qui comprend, en même temps que les zones côtières de Gebel Zeit et de Ras Jemsa, les îles de Gaysum, Djaffatin, Chadouan et Jubal, grâce aussi aux recherches du Dr John Ball, chef inspecteur au « Geological Survey of Egypt », ainsi qu'aux communications de MM. Sara et Proctor, géologues au service des Syndicats constitués pour la recherche du pétrole, nos connaissances sur la faune échinitique des plages soulevées de la mer Rouge se sont considérablement accrues et j'ai pu dresser la liste suivante des échinides qui vivaient alors dans la fosse érythréenne :

Leiocidaris baculosa Lamarck; *L. imperialis* Lmk; *Heterocentrotus mamillatus* Klein; *Echinometra lucunter* Blainville; *Psammechinus verruculatus* Lütken; *Hypsiechinus?* sp. nov.; *Tripneustes variegatus* Al. Agassiz; *Salmacis bicolor* L. Agassiz; *S. rarispina* L. Ag.; *Temnopleurus toreumaticus* Klein; *T. Hardwickii* L. Ag.; *Fibularia volva* L. Ag.; *Clypeaster placunarius* Michelin; *C. scutiformis* Gmelin; *Laganum depressum* Lesson et var. *sinaiticum* Fraas; *L. attenuatum* Mazzetti; *Laganum* sp. nov.; *Amphiope* (*Tetrodiscus*) *aurita* Leske; *A. bisperforata* Leske; *Brissus carinatus* Gray; *Brissopsis luzonica* Gray; *Metalia maculosa* Linné; *M. sternalis* Lmk; *Linthia assabensis* Mazz.; *Schizaster gibberulus* L. Ag.; *S. Savignyi* Fourtau; *S. capensis* Studer; *Moira stygia* Lütken; *Lovenia elongata* Gray; *Maretia planulata* Gray; *Echinocardium australe* Gray.

Soit en tout 31 espèces au lieu des 13 connues en 1903. Ces formes, sauf une, vivent encore dans le bassin indo-pacifique et 22 d'entre elles ont persisté dans la mer Rouge actuelle ou sont spéciales à cette mer.

Parmi les huit formes émigrées : *Salmacis rarispina*, *Temnopleurus toreumaticus*, *Laganum depressum*, *Maretia planulata* et *Echinocardium australe* vivent encore dans l'océan Indien et dans l'océan Pacifique; *Schizaster capensis* est spécial à l'océan Indien, tandis que *Temnopleurus Hardwickii* et *Brissopsis luzonica* ne se rencontrent plus de nos jours que dans le Pacifique.

La seule espèce étrangère à la faune indo-pacifique est celle que j'attribue avec un point de doute au genre *Hypsiechinus* Mortensen 1903, dont une forme, la seule connue d'ailleurs, vit dans le nord de l'Atlantique.

Comme on le voit, nos nouvelles connaissances sur la faune échinitique ayant vécu dans la fosse érythréenne durant le Pliocène supérieur et tout le Pléistocène, viennent confirmer mes premières conclusions au sujet de l'invasion de cette fosse, dès son effondrement, par les eaux de la mer Indo-Pacifique, dont une partie de la faune s'est retirée plus tard, par suite de la modification de l'ambiance due à la communication avec les eaux de la Méditerranée et, vers la fin du Pléistocène, aux nouveaux soulèvements qui ont affecté plus particulièrement le golfe de Suez et les îles qui se trouvent à l'entrée de ce golfe.

Enfin, il me reste à signaler une particularité digne de remarque. Les *Schizaster Savignyi* qu'on rencontre en assez grand nombre dans les calcaires du Pléistocène inférieur de l'île de Jubal, n'ont que deux pores génitaux à leur appareil apical, tandis que ceux qui vivent actuellement dans le golfe de Suez en ont quatre. Bien que, chez ces derniers, les deux pores antérieurs qui manquent aux oursins de Jubal, soient beaucoup moins ouverts que les pores postérieurs, nous ne pouvons cependant négliger leur existence qui indique un retour vers la forme ancestrale des *Schizaster* et qui nous montre, surtout, combien sont arbitraires les coupures génériques proposées par l'ancien genre *Schizaster* et basées sur le nombre des pores génitaux.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Remarques sur les terrasses de la plaine roumaine orientale*. Note de M. G. **Vâlsan**, présentée par M. Pierre Termier.

L'étude détaillée des terrasses du Danube et de ses affluents à l'est de l'Olt, guidée par les Cartes de l'État-Major roumain qui donnent les courbes de niveau de $2^m,50$ en $2^m,50$, conduit à des conclusions nouvelles et précises sur l'affaissement de la partie orientale de la plaine roumaine et les déplacements récents des cours d'eau signalés par différents auteurs (L. Mrazec, Em. de Martonne, G.-M. Murgoci).

A leur sortie des collines, toutes les rivières sont accompagnées, sur une distance de plus en plus grande vers l'Ouest, par des terrasses qui *convergent* vers l'aval. Dans le cours inférieur de beaucoup de ces rivières, des terrasses apparaissent de nouveau, cette fois *divergentes* vers l'aval. Cette divergence

est très visible sur la Vedea, le Dâmbovnic, le Neajlov, l'Arges, et même la Dâmbovitza. On ne peut affirmer si le phénomène se répète sur la Jalomitza, quoique des terrasses se développent dans le cours inférieur de cette rivière. Le Buzeu, rivière toute récente d'après Murgoci, n'a pas de terrasses.

Au milieu de la plaine existe une zone où les terrasses font défaut sur toutes les rivières, et où la différence d'altitude entre la plaine et les thalwegs est plus réduite que partout ailleurs en amont et en aval. Dans cette zone, l'Arges, et surtout la Dâmbovitza coulent presque à fleur de sol. Les berges sont si basses qu'en temps d'inondation les eaux débordent sur la plaine. Partout on rencontre des lits de rivières récemment abandonnés, ce qui justifie le nom de *région de divagation* de la plaine roumaine que j'ai donné il y a quelques années à cette zone.

Le lœss y manque, la terre végétale forme une couche mince, qui souvent disparaît pour faire place à des alluvions. On peut suivre jusqu'au Buzeu cette zone de divagation, qui rend impossible le raccordement des terrasses d'amont convergentes avec les terrasses d'aval divergentes.

Nous voyons dans cette disposition l'indice d'un mouvement d'affaissement de la partie centrale de la plaine de Munténie, accompagné peut-être par un soulèvement compensatoire sur ses bords. C'est l'empreinte morphologique du géosynclinal de la plaine roumaine orientale révélé par le sondage de Bucarest en 1906.

Si nous considérons particulièrement la région au nord de la Jalomitza, nous notons que les terrasses disparaissent complètement tout le long des affluents du Danube, tandis que le grand fleuve en présente plusieurs très nettes, disposées de façon à indiquer un déplacement de son cours.

L'hypothèse d'un ancien bras du Danube traversant le Baragan, émise par Murgoci, est confirmée par l'étude morphologique de la région.

Une large dépression correspondant à la terrasse danubienne supérieure (30^m) traverse le Baragan du Sud au Nord, limitée à l'Est par une berge fluviale très nette. D'autre part la terrasse inférieure (15^m au-dessus du fleuve, 25^m d'altitude absolue) se suit depuis Fetesti sur la rive gauche du Danube, atteignant 10^{km} de large près du Calmatzui. La berge ancienne de ce stade, dirigée vers le Nord-Nord-Ouest, disparaît dans la plaine de Brăila, mais on ne peut douter que la plus grande partie de cette plaine située au-dessous de 20^m n'appartienne à la basse terrasse qui se prolonge dans la vallée sèche de Ianca, ancien bras du Danube abandonné et partiellement comblé ensuite par le lœss.

Si nous tenons compte, enfin, de la grande plaine du Bas-Siret, à la formation de laquelle le Danube a participé, nous devons conclure que la zone inondable du Danube (Balta), avant d'occuper son emplacement actuel, s'est déplacée en trois étapes marquées par la dépression Nord-Sud du Baragan, la terrasse de Brăila avec la vallée sèche de Ianca, et enfin la plaine du Bas-Siret. Ce déplacement a été probablement déterminé par une accentuation progressive de l'affaissement, dont l'importance a été marquée déjà par Em. de Martonne. Il a été accompagné de changements dans le cours des affluents du Danube, qui ont été détournés très récemment vers l'Est et même le Nord-Est (Buzeu spécialement).

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 22 DÉCEMBRE 1913.

L'Œuvre d'Henri Poincaré, par ÉMILE PICARD, Membre de l'Institut. (Extr. de la *Revue scientifique* du 6 décembre 1913.) Paris; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Institut de France. Académie des Sciences. *Observatoire d'Abbadia : Observations;* Tome XII : *Observations faites au cercle méridien en* 1912, par MM. VERSCHAFFEL, LAHOURCADE, J. SORREGUIETA, EXPOSITO, LARREGIEU, CANDAU, publiées par M. l'abbé VERSCHAFFEL, Directeur de l'Observatoire. Hendaye (Basses-Pyrénées), imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1913; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. Verschaffel.)

Cours de Mécanique professé à l'École Polytechnique, par LÉON LECORNU, Membre de l'Institut; t. I. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, par PIERRE DUHEM, Correspondant de l'Institut; t. I. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

La Face de la Terre (*Das Antlitz der Erde*), par ED. SUESS, Associé étranger de l'Institut de France; *traduit de l'allemand*, avec l'autorisation de l'auteur, *et annoté* sous la direction de M. EMM. DE MARGERIE; t. III (3e partie), avec 1 carte en couleurs, 2 planches et 92 figures, dont 80 exécutées spécialement pour l'édition française. Paris, Armand Colin, 1913. (Présenté par M. Termier. Hommage du traducteur.)

Comptes rendus des séances de la cinquième Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1913. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4° [2 exemplaires]. (Présenté par M. Appell.)

Les récents progrès du Système métrique; Rapport présenté à la cinquième Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en octobre 1913, par CH.-ED. GUILLAUME, Correspondant de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4° [2 exemplaires].

Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme. II : *La chaîne des Puys*, par PHILIPPE GLANGEAUD. (Ministère des Travaux publics. *Bulletin des Services de la Carte géologique de la France*, n° 135.) Paris, Ch. Béranger, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Termier.)

Traité raisonné de la pisciculture et des pêches, par LOUIS ROULE, professeur au Muséum d'Histoire naturelle. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1914; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

L'année biologique, Comptes rendus annuels des travaux de Biologie générale, publiés sous la direction de M. YVES DELAGE, Membre de l'Institut; XVe année, 1910. Paris, H. Le Soudier, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Delage.)

Studiu relativ la o nomenclatură generală in Chimia organică, bazat si pe o classificare ratională a cesti părti din Chimie, de C.-J. ISTRATI. Bucarest, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Haller.)

Les catalyseurs biochimiques dans la vie et dans l'industrie, par J. EFFRONT. Paris, H. Dunot et E. Pinat, 1914; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Recherches sur le déterminisme héréditaire de l'œuf des Mammifères. Développement in vitro *de jeunes vésicules blastodermiques du lapin*, par A. BRACHET. (Extr. des *Archives de Biologie;* t. XXVIII, 1913.) Liége, H. Vaillant-Carmanne; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Études sur la flore du Katanga, par EM. DE WILDEMAN. (*Annales du Musée du Congo belge : Botanique*, 4e série, t. II, fasc. 1, p. 1-180; pl. I-XIX.) Bruxelles; 1 fasc. in-f°.

Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, 1914, publié sous la direction de G. LECOINTE. Bruxelles, Hayez, 1913; 1 vol. in-12.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 29 DÉCEMBRE 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. *Procès-verbaux des Séances de l'Académie, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, publiés par MM. les SECRÉTAIRES PERPÉTUELS; t. III : ans 1804-1807. Hendaye (Basses-Pyrénées), Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1913; 1 vol. in-4°.

Esquisse d'un chapitre d'Architecture navale, par M. BERTIN, Membre de l'Institut. (Extr. du *Bulletin de l'Association technique maritime;* n° 24, session de 1913.) Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Le bicentenaire de Lacaille, par F. BOQUET. (Extr. du *Bull. de la Soc. astr. de France;* novembre 1913.) Paris; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem. Hommage de l'auteur.)

Traité de Géographie physique : climat, hydrographie, relief du sol, biogéographie, par EMM. DE MARTONNE; 2e édition, revue et augmentée. Paris, Armand Collin, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

Annuaire astronomique et météorologique pour 1914, par CAMILLE FLAMMARION; 50e année. Paris, Ernest Flammarion; 1 vol. in-12. (Hommage de l'auteur.)

Spitzbergen map of Prince Charles Foreland, from surveys by W.-S. BRUCE and J. MATHIESON; map published with the support of H. S. H. the PRINCE OF MONACO; 1 Carte et 1 Notice; 1 feuille in-plano et 1 fasc. in-8°.

Mitteilungen aus der Medizinischen Facultät der kaiserlichen Universität zu Tokyo; Bd. XI, Heft 1. Tokyo, 1913; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 31 mars 1913.)

Note de M. *M. de Broglie*, Sur les images multiples que présentent les rayons de Röntgen, etc. :

Page 1011, ligne 24, *au lieu de* passe de 300° à 180° absolus, *lire* passe de 300° à 80° absolus.

FIN DU TOME CENT-CINQUANTE-SEPTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE **1913**.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 157.

A

ANATOMIE.

ASTRONOMIE.

B

BACTÉRIOLOGIE.

BIOLOGIE.

BOTANIQUE.

C

CHIMIE ANALYTIQUE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INDUSTRIELLE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

CHIMIE PHYSIQUE.

CHIMIE VÉGÉTALE.

CRISTALLOGRAPHIE.

D

E

ÉLECTRICITÉ.

F

G

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MAGNÉTISME.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

MÉTÉOROLOGIE.

PHYSIOLOGIE.

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
55319 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.